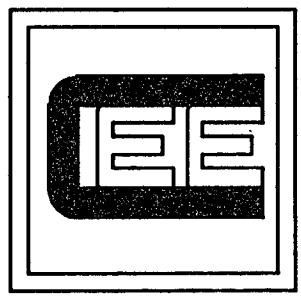


CONTINENTAL DE EQUIPOS ELECTRICOS, S.A.

CURSO : **PROTECCIONES DE SISTEMAS ELECTRICOS**

CLIENTE : CENTRAL GABRIEL TERRA - URUGUAY

PROFESOR : JUAN NUÑEZ RECUERO

FECHAS : Del 31 de Octubre al 1 de Noviembre 1996

Prohibida la reproduccion, o fotocopia, total o parcial de este curso sin autorizacion escrita de CONTINENTAL DE EQUIPOS ELECTRICOS (C.E.E.)

INDICE

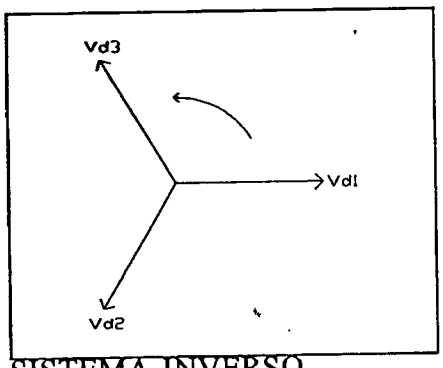
MATERIAS	PAGINAS
TEORIA DE LAS COMPONENTES SIMETRICAS	1
CALCULO DE DEFECTOS	7
REGIMEN DE NEUTRO	13
TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	18
SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES	22
RELES DIRECCIONALES	28
RELES DIFERENCIALES	31
RELES A IMAGEN TERMICA	36
PROTECCION DE TRANSFORMADORES	39
PROTECCION DE CABLES	41
PROTECCION DE GENERADORES	43
DISPAROS INTEMPESTIVOS RELES DE PROTECCION	49
FUNCIONES ANSI	54

TEORIA DE LAS COMPONENTES SIMETRICAS

1.-TEORIA DE LAS COMPONENTES SIMETRICAS.

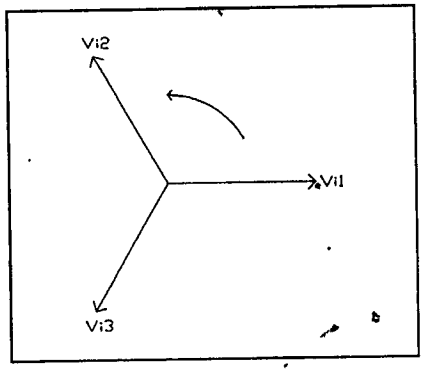
1.1.- METODO ANALITICO.

SISTEMA DIRECTO



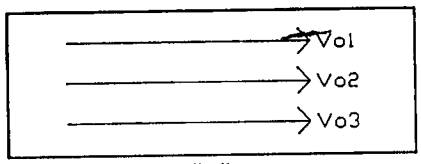
V1=Vm.cos(wt)
V2=Vm.cos(wt-2∏/3)
V3=Vm.cos(wt-4∏/3)

SISTEMA INVERSO.



V1=Vm.cos(wt)
V2=Vm.cos(wt+2∏/3)
V3=Vm.cos(wt+4∏/3)

SISTEMA HOMOPOLAR



V1=Vm.cos(wt)
V2=Vm.cos(wt± 2∏) = Vm.cos(wt)
V3=Vm.cos(wt± 4∏) = Vm.cos(wt)

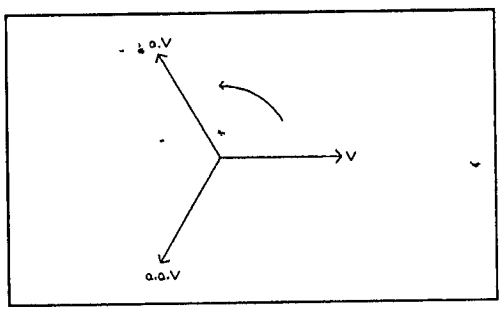
OPERADOR "a"

El operador "a" es un vector de modulo 1 con argumento de 120°

$a = \cos(2\Pi/3)+j.\mathrm{sen}(2\Pi/3)$
$a = -1/2 + j.\sqrt{3}/2$

$a^2 = -1/2 - j.\sqrt{3}/2$

$a^3 = 1$



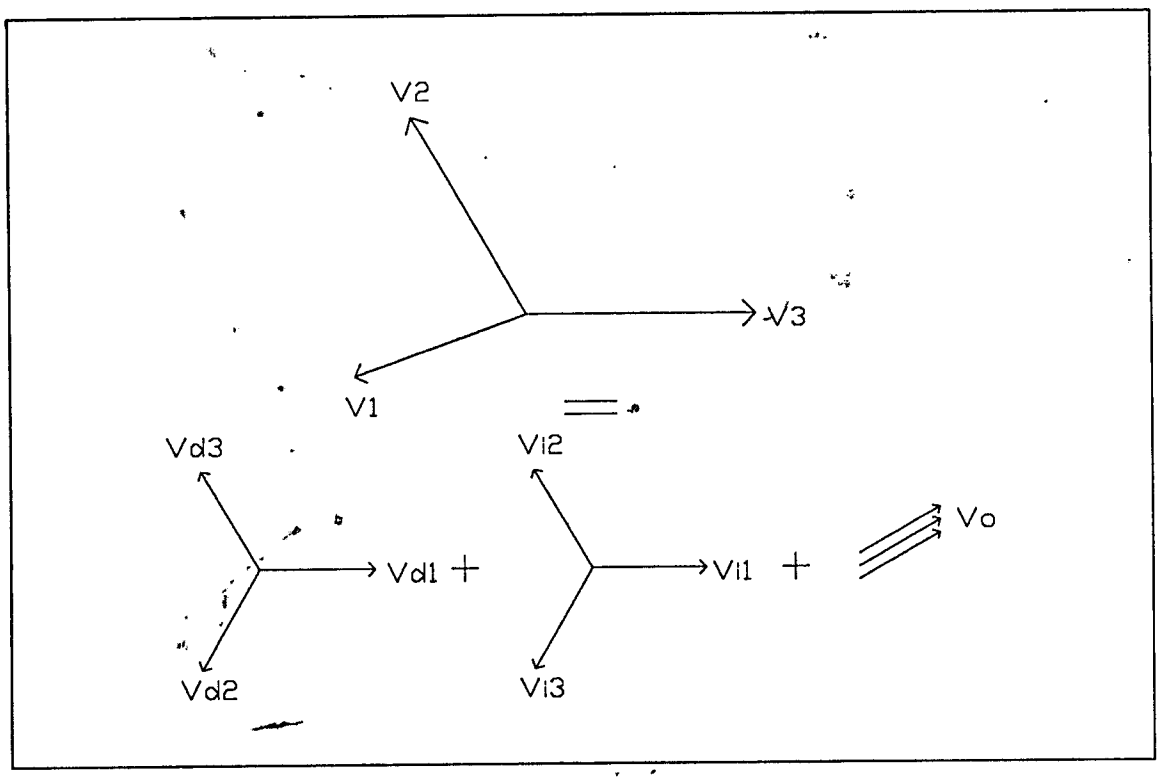
DESCOMPOSICION DE UN SISTEMA EN SUS COMPONENTES SIMETRICAS.

Sea un sistema V1,V2,V3 cualquiera, la teoria de las componentes simetricas permite descomponerlo en un sistema directo + sistema inverso + sistema homopolar.

V1 = Vd1+Vi1+Vo1

V2 = Vd2+Vi2+Vo2

V3 = Vd3+Vi3+Vo3



Si tomamos Vd1, Vi1, Vo1 como origen entonces :

Vd1=Vd
Vi1=Vi
Vo1=Vo

con lo cual Vd2=a^2.Vd
Vd3=a.Vd

Vi2=a.Vi
Vi3=a^2.Vi

Vo2=Vo3=Vo

de lo anterior :

$$\begin{aligned} V1 &= Vd+Vi+Vo \\ V2 &= a^2.Vd+a.Vi+Vo \\ V3 &= a.Vd+a^2.Vi+Vo \end{aligned}$$

sumando las 3 : $V1+V2+V3 = Vd.(1+a^2+a)+Vi.(1+a+a^2)+3.Vo$

$V1+V2+V3 = 3.Vo$

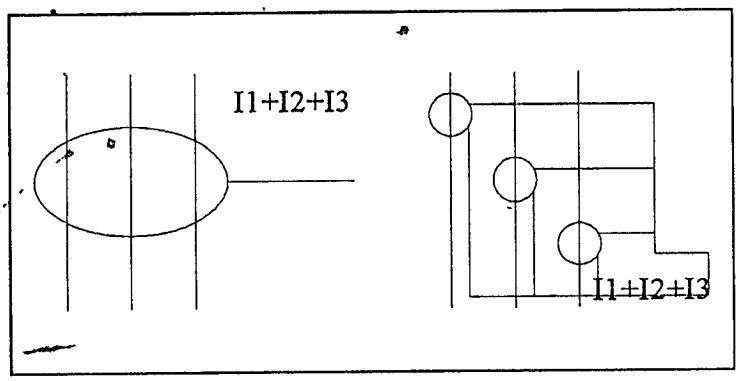
$$Vo = (V1+V2+V3)/3$$

de igual modo se demuestra que :

$$Vd = (V1+a.V2+a^2.V3)/3$$
$$Vi = (V1+a^2.V2+a.V3)/3$$

CONCLUSIONES.

- El sistema homopolar solamente existe si hay contacto a la tierra. Para detectarlo basta con sumar los 3 vectores.



- El sistema inverso aparece cuando hay desequilibrios.
- Un sistema perfectamente equilibrado y girando en sentido anti-horario, solamente tiene comoponente directa.

EJEMPLO.

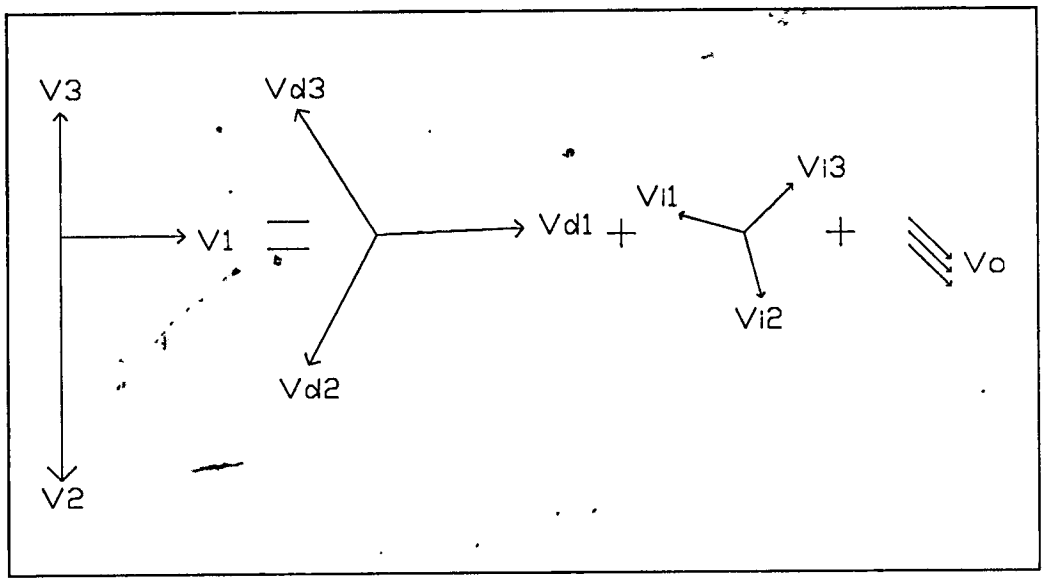
Sea el sistema desequilibrado siguiente, descomponerlo en sus componentes simetricas.

V1 = 1
V2 = -j.2
V3 = j

$Vo = (V1+V2+V3)/3 = (1-j.2+j)/3 = 0,33 - j.0,33$ -
$Vo = 0,33 - j.0,33 \quad |Vo| = 0,47$

$Vd = (V1+a.V2+a^2.V3)/3 = (1 - 2.j.a + j.a^2)/3$
$Vd = 1,199 + j.0,16 \quad |Vd| = 1,2$

$Vi = (V1+a^2.V2+a.V3) = (1 - 2.j.a^2 + j.a)/3$
$Vi = -0,53 + j.0,16 \quad |Vi| = 0,55$

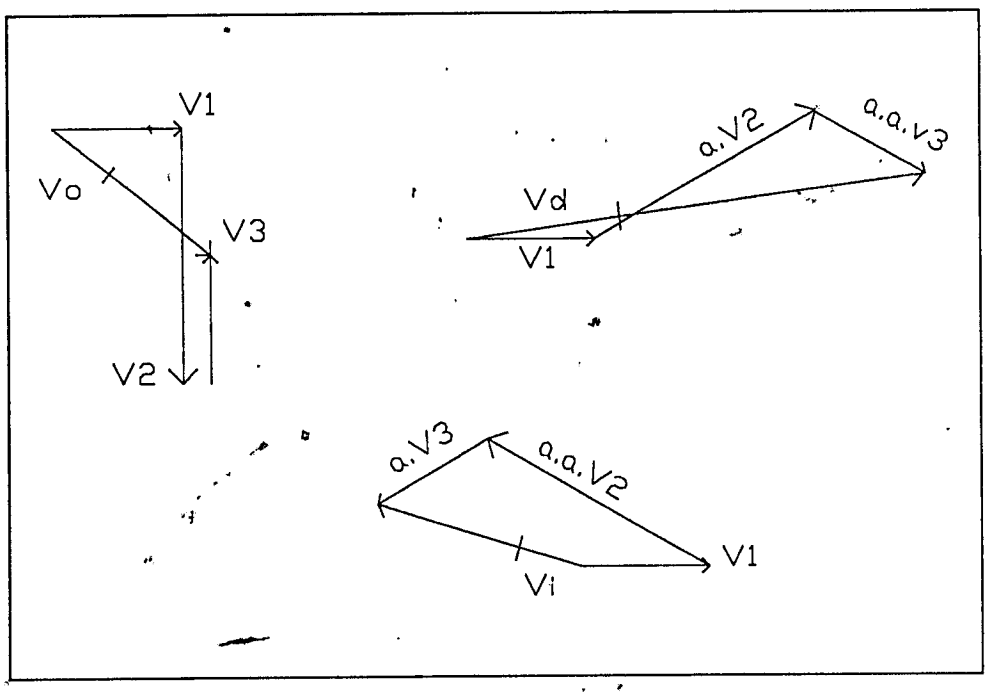


1.2.- METODO GRAFICO.

El metodo grafico consiste en girar los vectores del sistema segun las componentes simetricas (operador "a" gira a 120 grados, y el operador "a²" gira a -120 grados.)

Tomando el ejemplo del sistema anterior, vamos a determinar las componentes simetricas por el metodo grafico.

$Vd = (V1+a.V2+a^2.V3)/3$
$Vi = (V1+a^2.V2+a.V3)/3$
$Vo = (V1+V2+V3)/3$

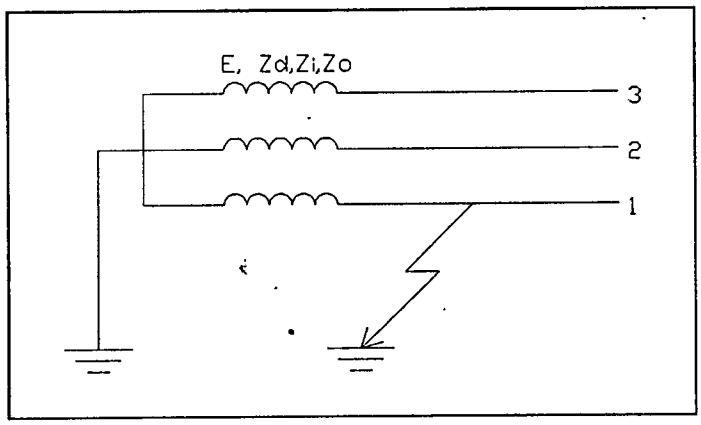


CALCULOS DE DEFECTOS

CALCULO DE DEFECTOS.

CALCULO DE DEFECTOS A LA TIERRA.

En la red siguiente se produce un fallo en la fase 1, y querèmos determinar los valores de V1, V2, V3, I1, I2, I3.



Datos de partida:

Como el defecto es en la fase 1 entonces V1=0
Las otras 2 fases estando sanas entonces I2=I3=0 (se desprecia la corriente de carga inicial)

Como los alternadores solamente producen f.e.m. directas entonces :

$$\begin{aligned} E - Vd &= Zd.Id \\ -Vi &= Zi.Ii \\ -Vo &= Zo.Io \end{aligned}$$

siendo Zd, Zi, Zo las impedancias directas, inversas y homopolares de la red.

Como V1=0 $\quad Vd+Vi+Vo=0$
Como I1=I2=0 $\quad a^2.Id+a.Ii+Io = a.Id+a^2.Ii+Io$

$$(a^2-a).Id = (a^2-a).Ii$$
$$Id = Ii$$

como Id=Ii y I2=0

$$a^2.Id + a.Ii + Io = 0$$
$$(a^2+a).Id + Io = 0$$
$$-Id + Io = 0$$
$$Id = Io$$

con lo cual Id = Ii = Io

ademas como I2 = I3 = 0

$$Io = I1/3 \quad I1 = 3.Io$$

si en la ecuacion

$$\begin{aligned} E - Vd &= Zd.Id \\ - Vi &= Zi.Ii \\ - Vo &= Zo.Io \end{aligned}$$

sumamos las 3 ecuaciones :

$E - (Vd+Vi+Vo)=(Zd+Zi+Zo).Io \qquad (Io=Id=Ii)$
$E - V1 = (Zd+Zi+Zo).Io$
$E - 0 = (Zd+Zi+Zo).Io$

entonces $Io = E / (Zd+Zi+Zo)$
como la corriente de fallo es $I1 = 3.Io$

entonces **$I1 = 3.Io = 3.E / (Zd+Zi+Zo)$**
Esta ultima ecuacion es fundamental ya que permite encontrar directamente la corriente de fallo.

ahorra vamos a determinar V2, y V3

$Vo = - Zo.Io$
$Vo = - Zo.E /(Zd+Zi+Zo)$

$Vi = - Zi.Ii$
$Vi = - Zi.E / (Zd+Zi+Zo)$

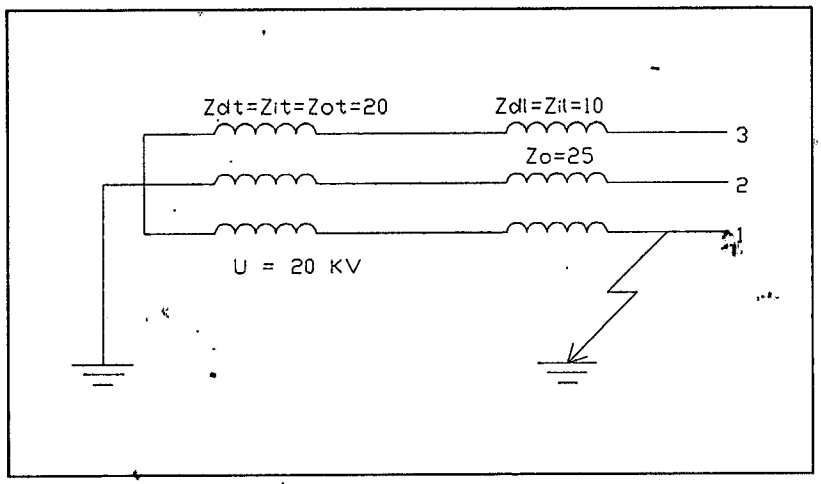
$Vd = E - Zd.Id$
$Vd = E - E.Zd / (Zd+Zi+Zo)$
$Vd = E.(1 - Zd/(Zd+Zi+Zo)$

de este sistema de ecuaciones, sacamos :

$V3 = a.Vd + a^2.Vi + Vo$
$V2 = a^2.Vd + a.Vi + Vo$

EJEMPLO:

Sea la red siguiente, donde se produce un fallo a la tierra en la fase 1. Calcular las corrientes I1, I2, I3, y las tensiones V1, V2, V3.



Zd=Zdt+Zdl = 30
Zi=Zit+Zil = 30
Zo=Zot+Zol = 45

E = 20.000/√3

Como el fallo esta en la barra 1, V1=0 y I2=I3=0
De la teoria de las componentes simetricas sacamos que :
Id=Ii=I0
Io = E / (Zd+Zi+Zo) = 11.547 / (30+30+45) = 110 A
como I1 = 3.Io
I1 = 110x3 = 330 A

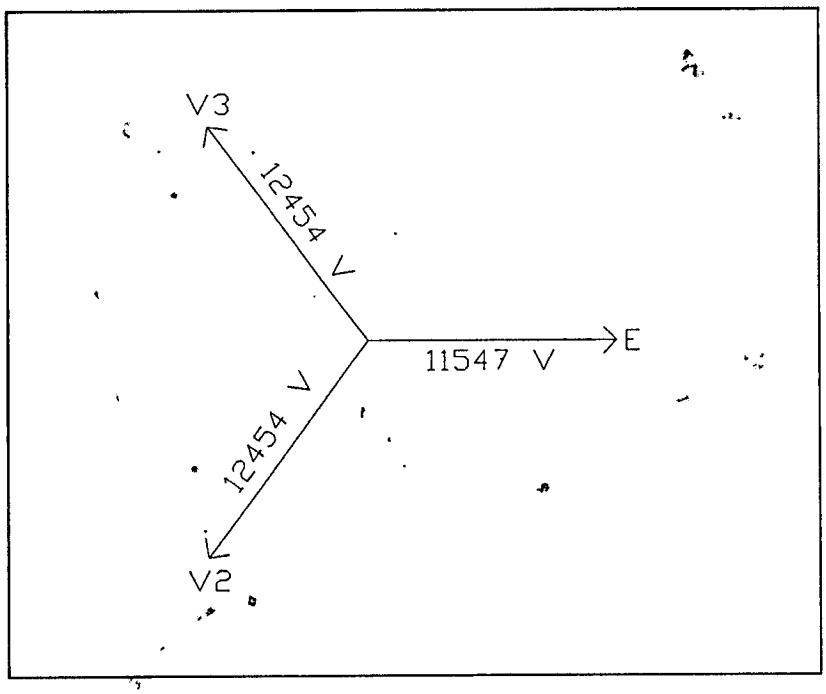
Vo = - Zo.E / (Zd+Zi+Zo)= -45x11547 / 105 = -4949 V
Vd = E.(1-Zd/(Zd+Zi+Zo)= 11547x(1-30/105) = 8248 V
Vi = - Zi.E / (Zd+Zi+Zo)= -30x11547 / 105 = -3299 V

como
$V2 = a^2.Vd+a.Vi+Vo$
$V3 = a.Vd+a^2.Vi+Vo$

entonces :
V1 = 0
V2 = -7423 - j.10000 $\quad |V2| = 12454$ V
V3 = -7423 + j.10000 $\quad |V3| = 12454$ V

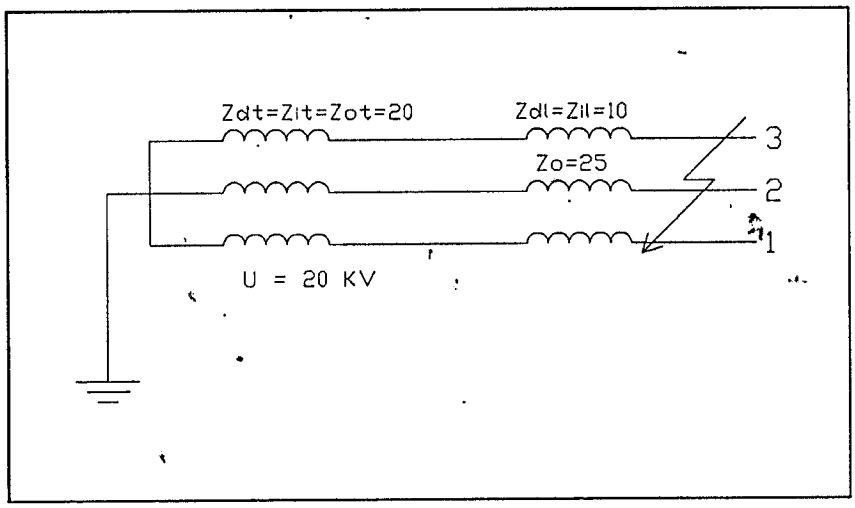
Si el trafo tuviese una impedancia Zn en el neutro, los calculos se efectuarian de la misma manera, salvo que la impedancia homopolar quedaria ampliada con el termino 3.Zn

es decir que Zo = Zot + Zol + 3.Zh



FALLOS TRIFASICOS.

Sea el sistema siguiente, donde se produce un cortocircuito trifasico, calcular las corrientes I1, I2, I3 y las tension V1, V2, V3.



De la teoria de las componentes simetricas sacamos que

$$\begin{aligned} E - Vd &= Zd.Id \\ -Vi &= Zi.Ii \\ -Vo &= Zo.Io \end{aligned}$$

Como el fallo es trifasico V1 = V2 = V3 = 0

por lo cual Vd = Vi = Vo = 0

y Ii = Io = 0

$Id = E / Zd$

$\underline{Id = 11547 / 30 = 385\ A}$

y como

$$\begin{aligned} I1 &= Id \\ I2 &= a^2.Id \\ I3 &= a.Id \end{aligned}$$

obtenemos que las 3 corrientes estan equilibradas y que tienen por modulo Id = 385 A.

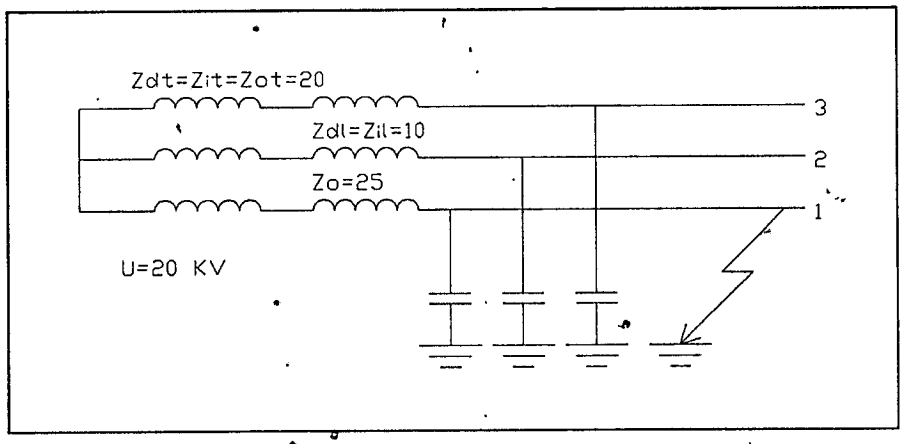
REGIMEN DE NEUTRO

REGIMEN DEL NEUTRO.

El neutro puede estar aislado, rigido a tierra o impedante.

NEUTRO AISLADO.

En los sistemas a neutro aislado, las unicas corrientes homopolares que pueden existir son las debidas a las capacidades del sistema fase-tierra (capacidad de los cables y de las maquinas).
En estos sistemas la impedancia homopolar Zo tiene valores elevados.
Para el calculo de las faltas a tierra se emplea la teoria de las componentes simetricas,cojamos la misma red que anteriormente, pero aislemos el neutro y supongamos la capacidad del sistema con respecto a tierra de 1,5 microfaradios.



En este caso
Zd = Zdt+Zdl = 30
Zi = Zit+Zil = 30
Zo = Zot+Zol+Zocap.

Zocap. = 1/(j.w.C) siendo w la pulsacion de la corriente
y C la capacidad por fase del sistema

Zocap.= -j./ (w.C)

Con lo cual : Zd = j.30 (impedancia inductiva)
Zi = j.30 (impedancia inductiva)
Zo = j.20+j.25-j.2122= -j.2077

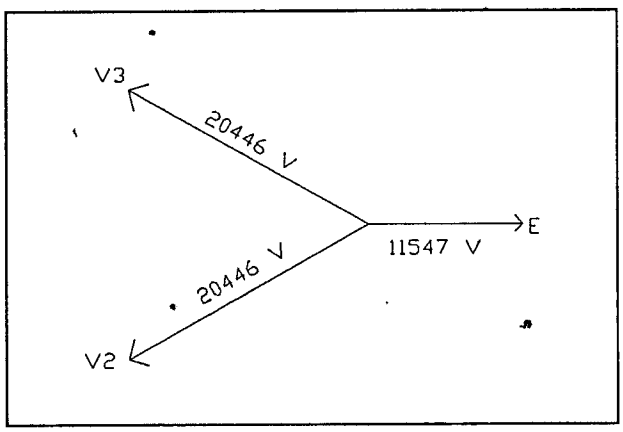
Io = E / (Zd+Zi+Zo)
Io = 11547 / (j.30+j.30-j.2077) = 5,72 A
con lo cual I1 = 3.Io = 5,72x3 = 17,16 A

Vo = - Zo.E / (Zd+Zi+Zo) = -11890 V
Vd = E.(1-Zd/(Zd+Zi+Zo)) = 11718 V
Vi = - Zi.E / (Zd+Zi+Zo) = 171 V

Con lo cual :

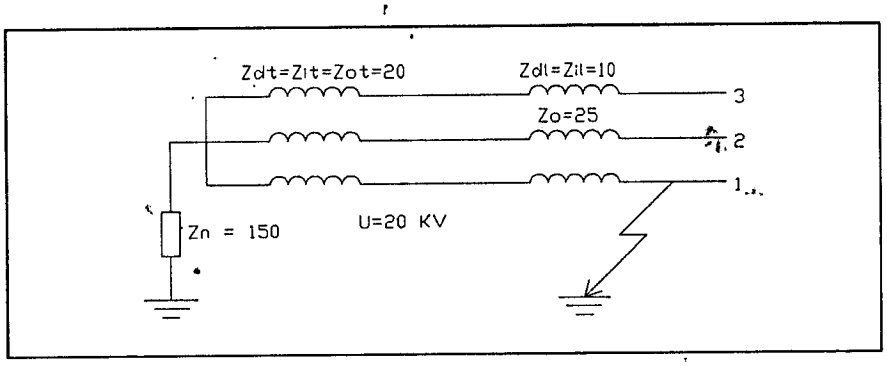
V1 = 0
V2 = -17834 - j.10000 $\quad |V2| = 20446$ V
V3 = -17834 + j.10000 $\quad |V3| = 20446$ V

con lo cual vemos que la tension entre las fases sanas y tierra es practicamente igual a la tension compuesta.



NEUTRO IMPEDANTE.

El neutro es impedante cuando entre este y tierra se pone una impedancia para limitar los valores de la intensidad de defectò a tierra.
Supongamos la red siguiente donde existe una impedancia (inductiva) de 150 ohmios entre el neutro y tierra.
Calcular I1, I2, I3 y V1, V2, V3

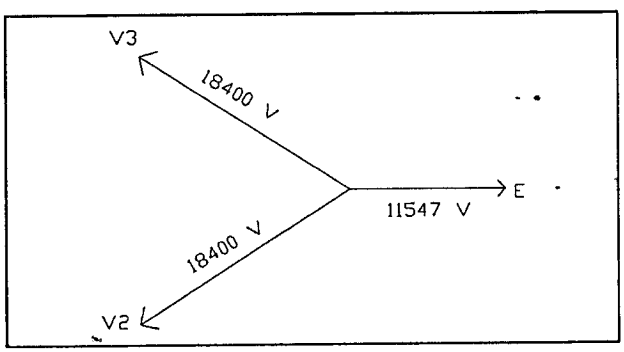


Partiendo de la teoria de las componentes simetricas deducimos que : V1 = 0
I1 = I2 = 0
Zd = Zdt+Zdl = 30
Zi = Zit+Zil = 30
Zo = Zot+Zol+3.Zn = 495

con lo cual Io = E / (Zd+Zi+Zo) = 11547/(30+30+495)= 21 A
con lo cual I1 = 3.Io = 3x21 = 63 A

Vo = - Zo.E / (Zd+Zi+Zo) = -10298 V
Vd = E.(1 - Zd/(Zd+Zi+Zo) = 10923 V
Vi = - Zi.E / (Zd+Zi+Zo) = -624 V

V2 = -15447 - j.10000 $\quad |V2| = 18400$ V
V3 = -15447 + j.10000 $\quad |V3| = 18400$ V



CONCLUSIONES SOBRE LOS REGIMENES DE NEUTRO

En redes donde Zd=Zi=Zo (caso frecuente)
entonces :

- En neutro directo a tierra : Io= E/(3.Zd)

$$I1 = 3.Io = 3.E/(3.Zd)$$

$$I1 = E / Zd$$

es decir que la corriente de falta a tierra es identica a la corriente de cortocircuito trifasico.

Por otra parte la tension homopolar Vo = -Zo.E/(3.Zo)

$$Vo = -E / 3$$

y la tension residual Vr=3.Vo=-E

- En neutros impedantes : Io = E/(3.Zd+3.Zn)

como Zn suele ser muy alto respecto a Zd, entonces

$$Io = E/(3.Zn)$$

$$I1 = 3.Io = 3.E/(3.Zn)$$

$$I1 = E/Zn$$

- En neutros aislados : Io = E/(2Zd-Zocap.)

como Zocap. es muy grande frente a Zd

$$Io = E/(Zocap.)$$

$$I1 = 3.Io = 3.E/Zocap.$$

como Zocap. = 1/(w.C)

$$I1 = 3.E.w.C$$

La tension homopolar Vo = -Zo.E/(Zo)

$$Vo = -E$$

y la tension residual Vr=3.Vo= -3.E

Por otra parte es muy importante tener en cuenta la naturaleza de las distintas impedancias (inductivas, resistivas, capacitivas) sobre el valor total de la corriente.

En el esquema siguiente se muestra la variacion de la intensidad en funcion de la relacion Zd/Zo y el angulo entre las distintas impedancias.

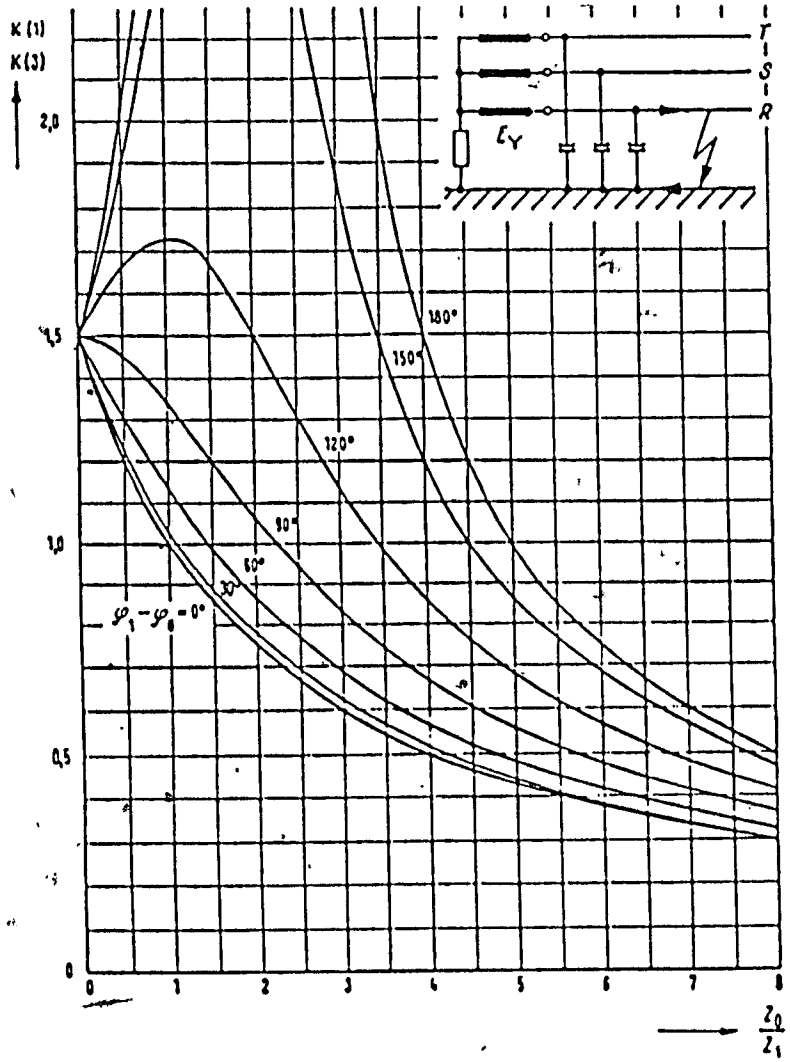


TABLA V

Intensidad de la corriente del cortocircuito unipolar, comparada con la del cortocircuito tripolar

E_Y Fuerza electromotriz
Z_0 Impedancia del sistema homopolar
Z_1 Impedancia del sistema directo
Z_2 Impedancia del sistema inverso
$\varphi_1 - \varphi_0$ Desfase entre las impedancias Z_1 y Z_2

$$I_{k(1)} = I_{k} = \frac{3\,E_Y}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 = Z_2$$

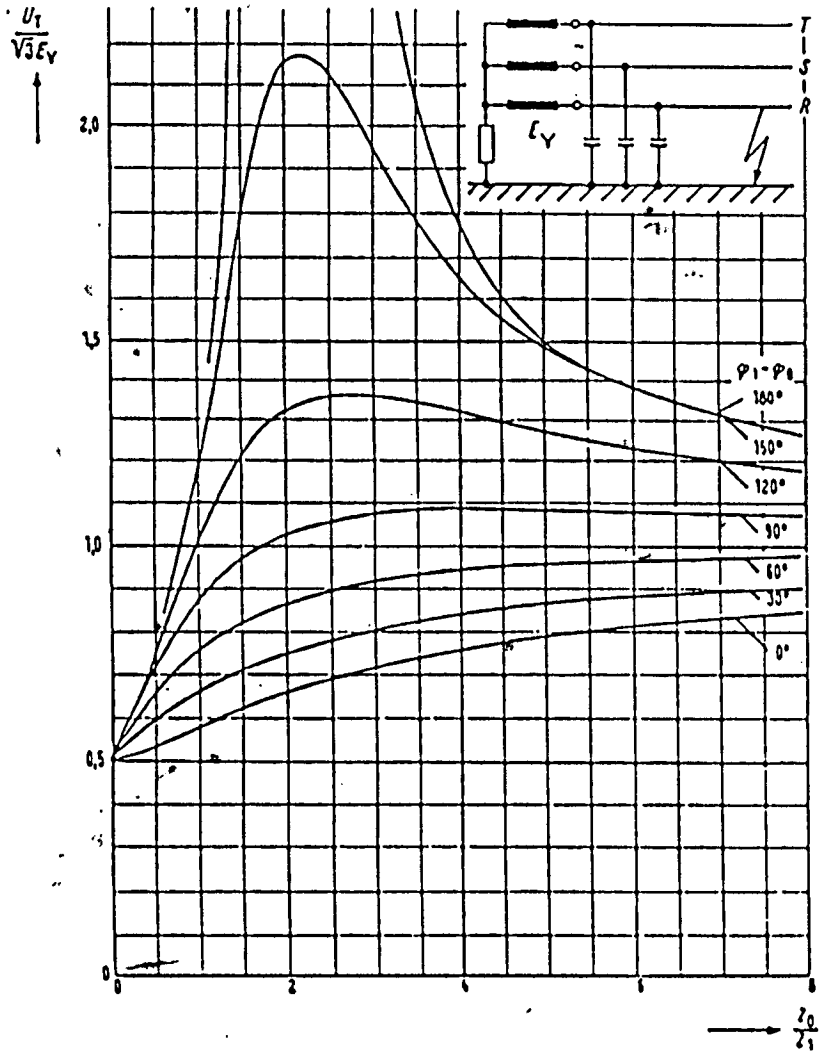


TABLA VII

Contacto unipolar a tierra
Tensión a frecuencia de servicio de la fase T respecto a tierra

E_Y Fuerza electromotriz
Z_0 Impedancia del sistema homopolar
Z_1 Impedancia del sistema directo
Z_2 Impedancia del sistema inverso
$\varphi_1 - \varphi_0$ Desfase entre las impedancias Z_1 y Z_0

$$U_T = \left| a - \frac{Z_0 + a Z_1 + a^2 Z_2}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \right| E_Y$$

$$Z_1 = Z_2$$

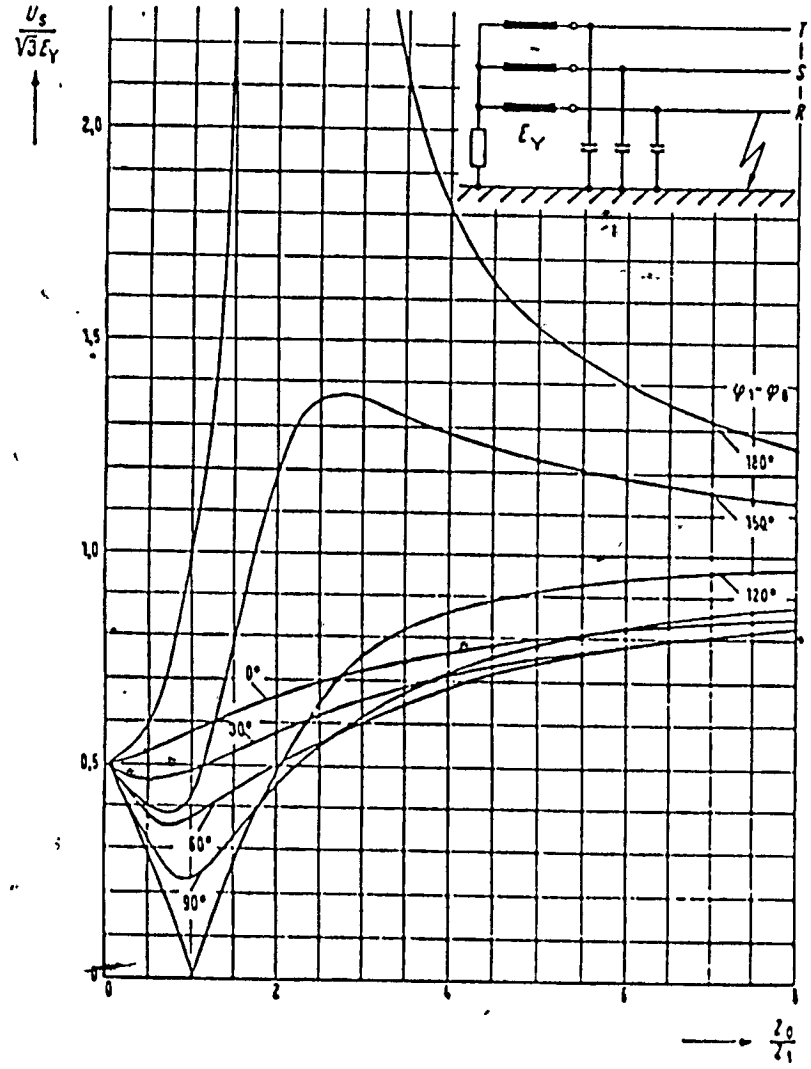


Tabla VI

Contacto unipolar a tierra
Tensión a frecuencia de servicio de la fase S respecto a tierra

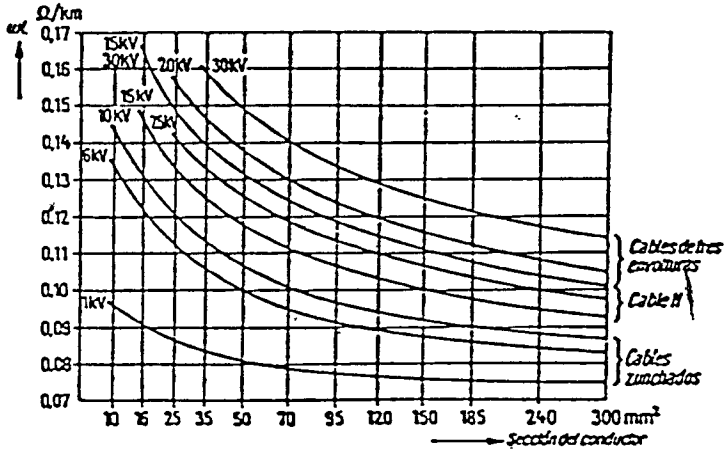
E_Y Fuerza electromotriz
Z_0 Impedancia del sistema homopolar
Z_1 Impedancia del sistema directo
Z_2 Impedancia del sistema inverso
$\varphi_1 - \varphi_0$ Desfase entre las impedancias Z_1 y Z_0

$$U_S = \left| a^2 - \frac{Z_0 + a^2 Z_1 + a Z_1}{Z_0 + Z_1 + Z_1} \right| E_Y$$

$Z_1 = Z_2$

Tabla XV

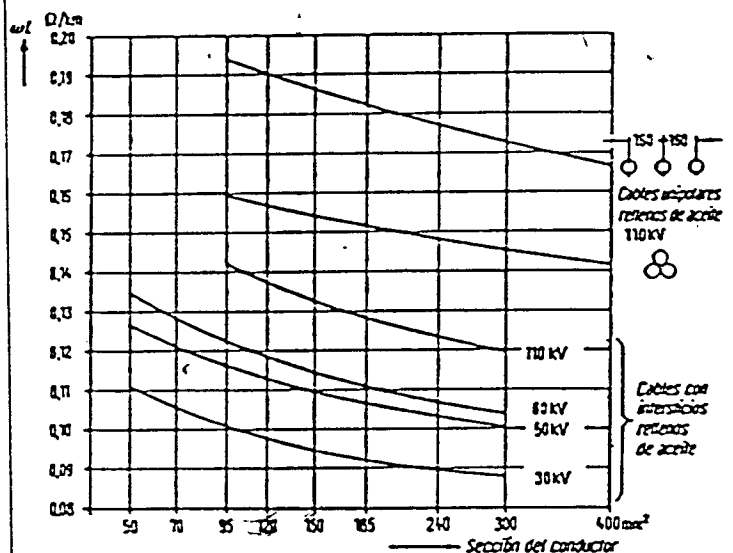
Cables subterráneos trifásicos d e1 a 30 kV. Reactancia inductiva ωL por fase para $f = 50$ Hz.



Cuando los cables no son armados, los valores disminuyen aproximadamente en un 10 %

Tabla XVI

Cables subterráneos trifásicos de 30 a 115 kV. Reactancia inductiva ωL por fase $f = 50$ Hz



Los cables unipolares rellenos de aceite sin armadura, colocados en triángulo y en contacto entre sí, tienen una reactancia inductiva hasta un 20 % inferior; al ubicarlos en un mismo plano, su reactancia inductiva es, sin embargo, un 5 % mayor.

Tabla XVII

Cables subterráneos trifásicos rellenos de aceite de 30 a 110 kV, impedancia homopolar para $f = 50$ Hz

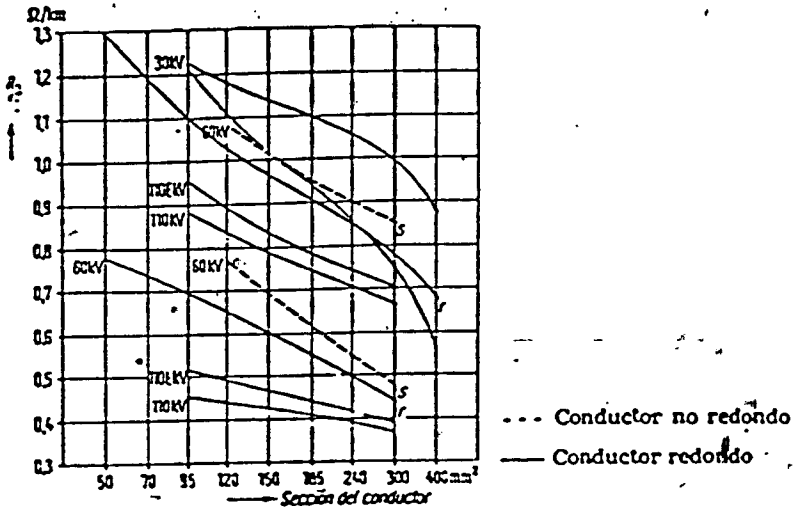
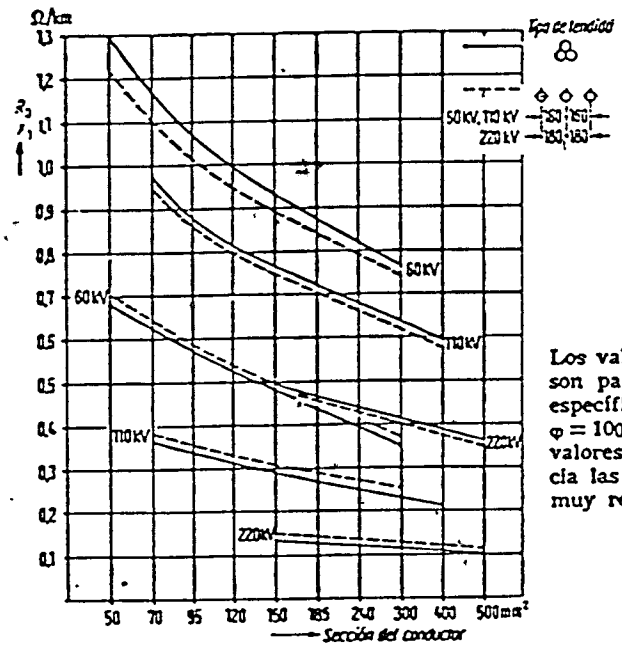


Tabla XVIII

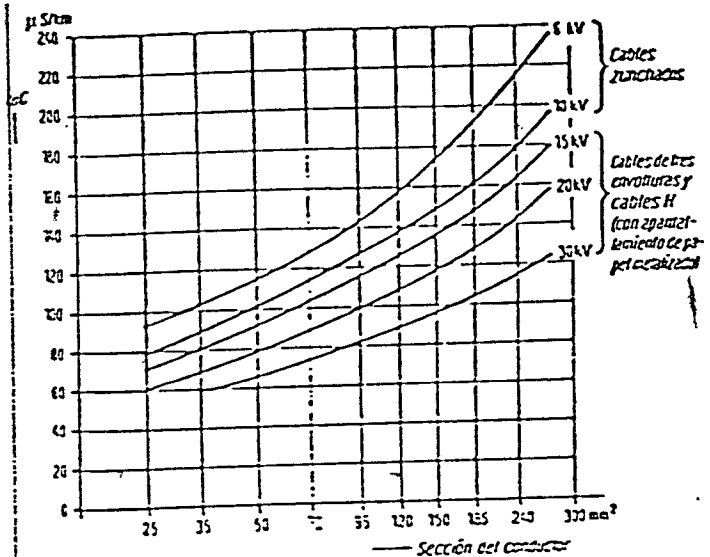
Cables subterráneos monofásicos rellenos de aceite (no armados) de 60 a 220 kV, impedancia homopolar para $f = 50$ Hz



Los valores del diagrama son para una sesistencia específica del terreno de $\varphi = 100$ Ωm. Para otros valores de dicha resistencia las discrepancias son muy reducidas

TABLA XIX

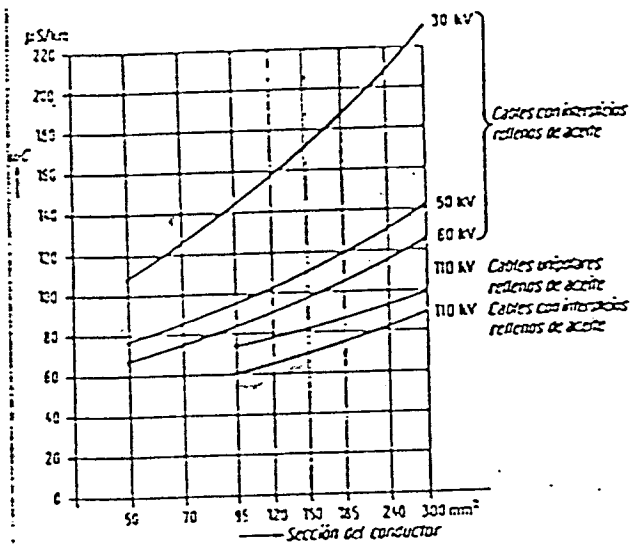
Cables subterráneos trifásicos de 6 a 30 kV. Conductancia capacitiva ωC de servicio para $f = 50$ Hz



Exceptuando los cables de camisa, la capacidad de servicio equivale siempre a la de cada fase con respecto a tierra. En los cables de camisa la capacidad de cada fase con respecto a tierra es aproximadamente el 60% de la de servicio

TABLA XX

Cables subterráneos trifásicos de 30 a 110 kV. Conductancia capacitiva ωC de servicio para $f = 50$ Hz



Líneas aéreas

Resistencia óhmica R_L en Ω/km y fase: véase la tabla XIV. Reactancia inductiva X_L en Ω/km y fase: véase la tabla XXI. Para los cálculos aproximados pueden adoptarse los siguientes valores:

$X_L = 0{,}4$ Ω/km y fase para líneas de más de 30 kV
$X_L = 0{,}35$ Ω/km y fase para líneas de hasta 30 kV

Los valores de la reactancia homopolar indicados en las tablas XXII y XXIV son válidos para líneas aéreas sin cable de tierra. Sin embargo, rigen también aproximadamente para líneas aéreas con cable de tierra. El factor de reducción de la reactancia homopolar oscila por término medio entre 0,85 y 0,95 con cables de tierra de acero, y entre 0,70 y 0,85 con cables de tierra de aluminio-acero. Para la determinación de la resistencia óhmica del sistema homopolar se incrementarán los valores de la tabla XIV en 0,15 Ω/km (resistencia óhmica del retorno por tierra).

TABLA XXI

Líneas aéreas trifásicas hasta 150 kV. Valores promedio de la reactancia inductiva ωL por fase para $f = 50$ Hz

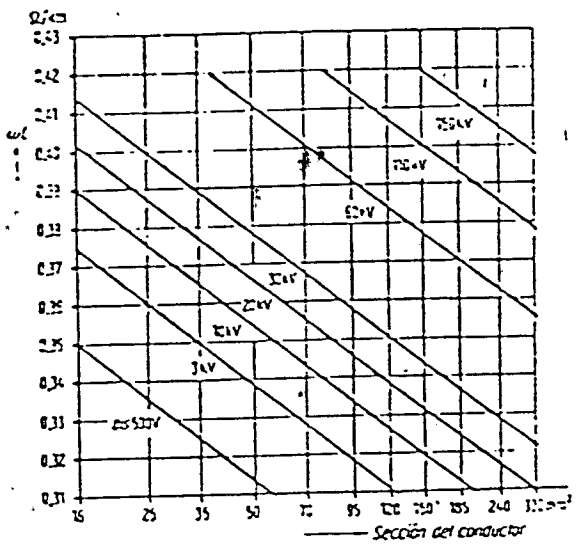
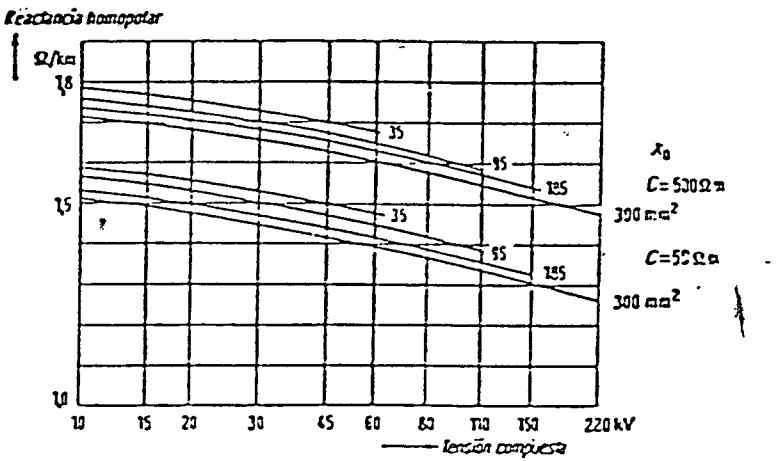


Tabla XXII

Reactancia inductiva homopolar ωL_o de líneas aéreas trifásicas hasta 150 kV para $f = 50$ Hz

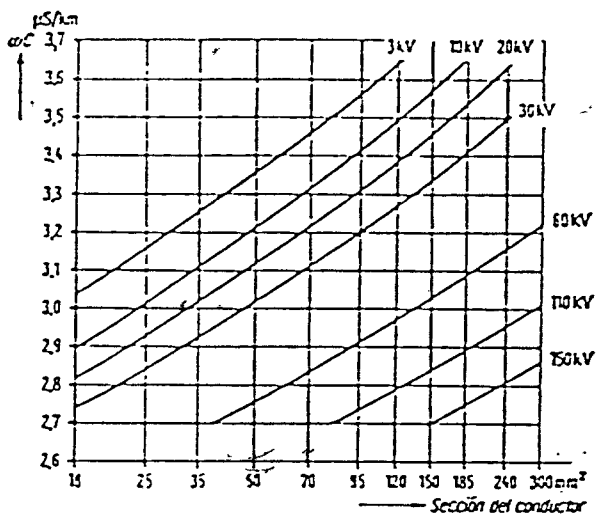


Resistencia específica del terreno $\varrho = 500$ Ωm (seco)
$\varrho = 500$ Ωm (húmedo)

Tabla XXIII

Líneas aéreas trifásicas hasta 150 kV. Conductancia capacitiva de servicio para $f = 50$ Hz

Sección del conductor



La capacidad entre cada conductor y tierra es de aprox. un 50 a 60 % de la capacidad de servicio; el valor mayor rige para las líneas provistas de un solo circuito.

Tabla XXIV

Líneas aéreas de corriente trifásica, de 220 kV y 380 kV. Valres medios de la reactancia inductiva ωL y de la conductancia capacitiva de servicio ωC para $f = 50$ Hz

Tipo de línea	220 kV ωL_1 Ω/km	220 kV ωL_o Ω/km	220 kV ωL_{Mo} Ω/km	220 kV ωC μS/km	380 kV ωL_1 Ω/km	380 kV ωL_o Ω/km	380 kV ωL_{Mo} Ω/km	380 kV ωC μS/km
Un solo conductor	0,4	1,34	0,76	2,85				
Haz de dos conductores	0,3	1,24	0,76	3,75	0,32	1,18	0,7	3,65
Haz de cuatro conductores					0,26	1,12	0,7	4,35

ωL_1 Reactancia directa por cada fase y circuito
ωL_o Reactancia homopolar por cada fase y circuito con $\varrho = 100\ \Omega_m$
ωL_{Mo} Reactancia homopolar de acoplamiento por cada fase de la línea de dos circuitos.

Para la línea de dos circuitos resulta una reactancia homopolar de $\omega L_{o_m} = \omega L_o + \omega L_{Mo}$ por cada circuito y fase

Esta reactancia es, por término medio, aproximadamente un 60 % mayor que la reactancia homopolar de la línea de un solo circuito.

En líneas de doble circuito, hay que tener en cuenta que la impedancia homopolar por fase y circuito, que resulta de la suma de las resistencias óhmicas y las reactancias, es decir $Z_{om} = Z_o + Z_{Mo}$, sólo podrá emplearse cuando el defecto a considerar no se encuentre en el tramo de la línea, o sea, cuando la corriente homopolar circule por ambos circuitos en el mismo sentido. Para considerar las impedancias homopolares en un punto de defecto localizado en el tramo de la línea, hay que valerse del circuito equivalente de la figura 47, en el que a y b son las distancias del punto de defecto a los extremos de la línea.

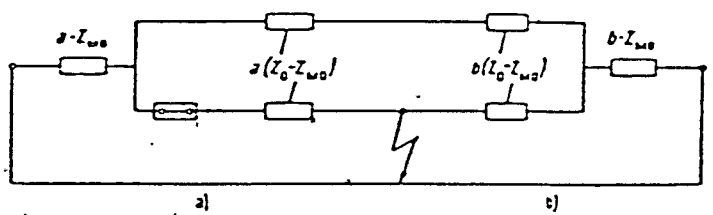


Fig. 47

El circuito equivalente es también válido cuando el circuito afectado se encuentre abierto en un extremo del tramo (interruptor de la figura abierto).

Barras de conexión en las instalaciones de maniobra

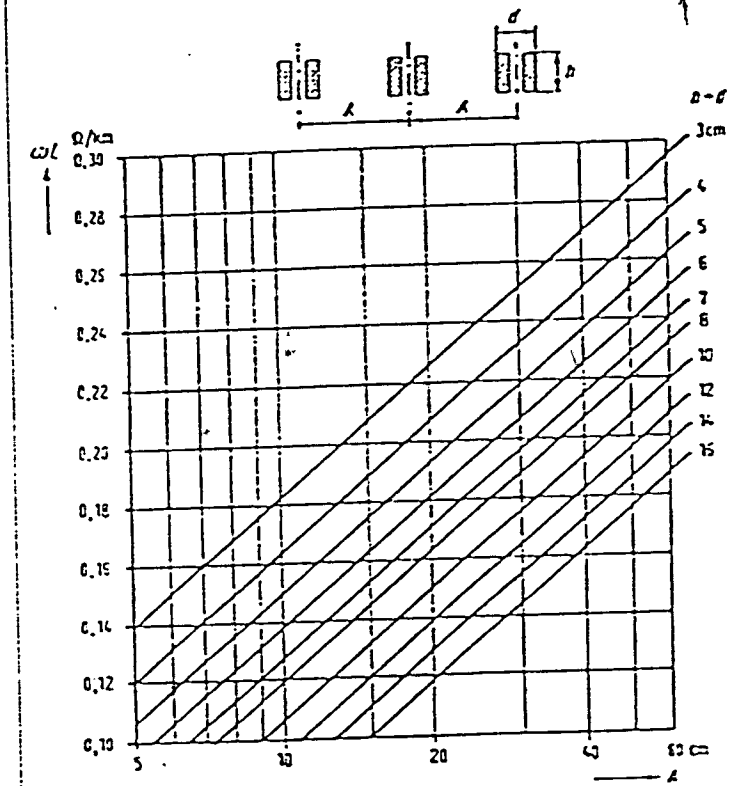
Resistencia óhmica R_L: despreciable.

Reactancia inductiva X_L: véase la tabla XXV.

Para los cálculos aproximados puede adoptarse una reactancia inductiva de 0,15 Ω/km y fase.

TABLA XXV

Barras de sección rectangular. Reactancia inductiva ωL por fase para $f = 50$ Hz



6. Determinación numérica de las impedancias de líneas aéreas

(Véanse las notaciones de la página 88.)

1. *Impedancia directa*

a) Línea trifásica de un circuito con conductores cableados

$$Z_1 = R_L + j\omega \cdot 10^{-4} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{A}{r} + 0{,}5\,\mu_r\right) \Omega/\text{km por conductor}$$

b) Línea trifásica simétrica de doble circuito

$$Z_{II} = R_L + j\omega \cdot 10^{-4} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{A \cdot A'}{r \cdot A''} + 0{,}5\,\mu_r\right) \Omega/\text{km por conductor y circuito}$$

La influencia ejercida sobre el valor de la reactancia inductiva por las respectivas distancias A' y A'' (inductancia de acoplamiento) es relativamente reducida tratándose de líneas de doble circuito. La reactancia inductiva sólo aumenta en la mayoría de los casos en un pequeño porcentaje.

2. *Conductancia capacitiva de servicio* ωC_b

a) Línea trifásica de un circuito con conductores cableados

$$\omega C_{bI} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln \left(\frac{A}{r} \cdot \sqrt{\frac{4H^2}{4H^2 + A^2}}\right)}\ \mu\text{S/km por conductor}$$

b) Línea trifásica simétrica de doble circuito

$$\omega C_{bII} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln \left(\frac{A}{r} \cdot \sqrt{\frac{4H^2}{4H^2 + A^2} \cdot \frac{(4H^2 + A''^2) \cdot A'^2}{(4H^2 + A'^2) \cdot A''^2}}\right)}\ \mu\text{S/km por conductor y circuito}$$

La influencia ejercida sobre el valor ωC_B por las respectivas distancias A' y A'' (capacidad de acoplamiento) es relativamente reducida tratándose de líneas de doble circuito. La capacidad de servicio solo se reduce en la mayoría de los casos en un pequeño porcentaje.

La capacidad de servicio se compone de la del conductor con respecto a tierra y de la de los conductores entre sí, de acuerdo con la igualdad:

$$C_B = C_E + 3\,C_C$$

3. *Conductancia capacitiva con respecto a tierra* ωC_E

a) Línea trifásica de un circuito, con conductores cableados y sin cable de tierra

$$\omega C_{E1} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln\left[\frac{2H}{r}\left(\frac{4H^2}{A^2}+1\right)\right]} \quad \mu S/km \text{ por conductor}$$

b) Línea trifásica simétrica de doble circuito sin cable de tierra

$$\omega C_{E11} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln\left[\frac{2H}{r}\left(\frac{4H^2}{A^2}+1\right)\left(\frac{4H^2}{A'^2}+1\right)\cdot\sqrt{\frac{4H^2}{A''^2}+1}\right]} \quad \mu S/km \text{ por conductor y circuito}$$

c) Línea trifásica de un circuito con conductores cableados y con cable de tierra

$$\omega C_{E1} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln\left[\frac{2H}{r}\left(\frac{4H^2}{A^2}+1\right)\right] - \frac{3\left[\ln\left(\frac{4H\cdot b_a}{A_a^2}+1\right)\right]^2}{4\cdot\ln\frac{2b_a}{r_a}}} \quad \mu S/km \text{ por conductor}$$

d) Línea trifásica simétrica de doble circuito con cable de tierra

$$\omega C_{E11} = \frac{\omega \cdot 0{,}0556}{\ln\left[\frac{2H}{r}\left(\frac{4H^2}{A^2}+1\right)\left(\frac{4H^2}{A'^2}+1\right)\cdot\sqrt{\frac{4H^2}{A''^2}+1}\right] - \frac{6\left[\ln\left(\frac{4H\cdot b_a}{A_a^2}+1\right)\right]^2}{4\cdot\ln\frac{2\cdot b_a}{r_a}}} \quad \mu S/km \text{ por conductor y circuito}$$

4. *Impedancia homopolar*

a) Línea trifásica de un circuito sin cable de tierra

$$Z_0 = R_L + 3\,R_E + j\omega\cdot 10^{-4}\cdot\left(6\ln\frac{\delta}{\sqrt[3]{r\cdot A^2}} + 0{,}5\,\mu_1\right) \quad \Omega/km \text{ por conductor}$$

siendo: $\delta = 1650\sqrt{\frac{\varrho}{\omega}}$; $R_E = \frac{\pi}{2}\,\omega\cdot 10^{-4}$

b) Línea trifásica simétrica de doble circuito sin cable de tierra

$$Z_{00} = Z_0 + Z_{M0} \quad \Omega/km \text{ por conductor y circuito}$$

siendo Z_{M0} la impedancia homopolar de acoplamiento de los dos circuitos.

Dicha impedancia viene dada por:

$$Z_{M0} = 3\,R_E + j\omega\cdot 10^{-4}\cdot 6\cdot\ln\frac{\delta}{A_L}$$

c) Línea trifásica de un circuito con cable de tierra

$$Z_{0E} = Z_0 - \frac{3\cdot Z_{1a}^2}{Z_a} \quad \Omega/km \text{ por conductor}$$

siendo:

$$Z_{1a} = R_E + j\omega\cdot 10^{-4}\cdot 2\cdot\ln\frac{\delta}{A_a}$$ impedancia mutua entre la línea y el cable de tierra

$$Z_a = R_a + R_E + j\omega\cdot 10^{-4}\left(2\cdot\ln\frac{\delta}{r_a} + 0{,}5\,\mu_1\right)$$ impedancia homopolar del cable de tierra

En el caso de líneas trifásicas con cable de tierra, una parte de la corriente homopolar circula por dicho cable, reduciéndose por lo tanto la corriente homopolar que fluye a tierra. El factor de reducción correspondiente viene dado por la expresión:

$$f_r = 1 - \frac{Z_{1a}}{Z_a}$$

De acuerdo con ello la proporción de corriente homopolar que circula a través del cable de tierra es:

$$1 - f_r = \frac{Z_{1a}}{Z_a}$$

d) Línea trifásica simétrica de doble circuito con cable de tierra

$$Z_{00E} = Z_{0E} + Z_{M0E}\ \Omega/\text{km por conductor y circuito}$$

siendo Z_{M0E} la impedancia homopolar de acoplamiento de ambos circuitos, incluyendo el cable de tierra. Dicha impedancia viene dada por:

$$Z_{M0E} = Z_{M0} - \frac{3 \cdot Z_{1E}^2}{Z_e}$$

5. *Aclaración de las notaciones*

Los símbolos empleados en las expresiones anteriormente indicadas para Z_1, Z_0 y ωC tienen el siguiente significado:

$$A = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}} \quad ; \quad A' = \sqrt[3]{a_{12'} \cdot a_{23'} \cdot a_{31'}} \quad ; \quad A'' = \sqrt[3]{a_{11'} \cdot a_{22'} \cdot a_{33'}}$$

$$H = \sqrt[3]{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3} \quad ; \quad A_e = \sqrt[3]{a_{1e} \cdot a_{2e} \cdot a_{3e}} \quad ; \quad A_L = \sqrt[3]{A'^2 \cdot A''}$$

1, 2, 3	Fases del sistema I
1', 2', 3'	Fases del sistema II
a_{12}	Distancia media entre conductores en m
a_{1e}	Distancia entre conductor y cable de tierra en m
h_1	Distancia entre conductor y tierra en m
h_e	Distancia entre el cable de tierra y el terreno en m
r	Radio del conductor en m
r_e	Radio del cable de tierra en m
R_L	Resistencia óhmica del conductor en Ω/km
R_E	Resistencia óhmica del terreno en Ω/km
R_e	Resistencia óhmica del cable de tierra en Ω/km
δ	Profundidad de penetración en el terreno en m
ρ	Resistencia específica del terreno en Ωm
μ_1	Permeabilidad relativa (para Cu y Al $\mu_1 = 1$; para el acero $\mu_1 \approx 50$ a 90)

Teniendo en cuenta la flecha de los conductores, para h se tomará la altura máxima del conductor sobre el terreno en los puntos de apoyo menos un 70 % de la flecha del conductor.

Tratándose de conductores dispuestos en haz, en el que n de ellos se hallen simétricamente dispuestos alrededor de un eje, en las relaciones indicadas para Z_1, Z_0 y ωC, se sustituirá el radio del conductor r por el radio equivalente del haz r_e y el factor $0{,}5\,\mu_1$ se dividirá por el número de conductores que componen el haz.

El radio equivalente se determina por la expresión:

$$r_e = \sqrt[n]{r_T \cdot S}$$

r_T	Radio de un conductor componente del haz
S	Producto de las distancias entre un conductor del haz y los restantes
n	Número de conductores componentes del haz

En el supuesto de que haya que considerar dos cables de tierra, se tomará en lugar de r_e un radio equivalente r_{ee} dependiente de ambos cables de tierra, que viene dado por

$$r_{ee} = \sqrt{r_e \cdot a_{ee}}$$

a_{ee} Distancia entre ambos cables de tierra.

TABLA XXVI

Valores medios de la resistencia específica del terreno según VDE 0141

Tipo de terreno	Terreno pantanoso	Terreno fangoso, arcilloso y de labor	Arena húmeda	Grava húmeda	Arena o grava secas	Terreno pedregoso
$\rho\,\Omega$m	30	100	200	500	1000	3000

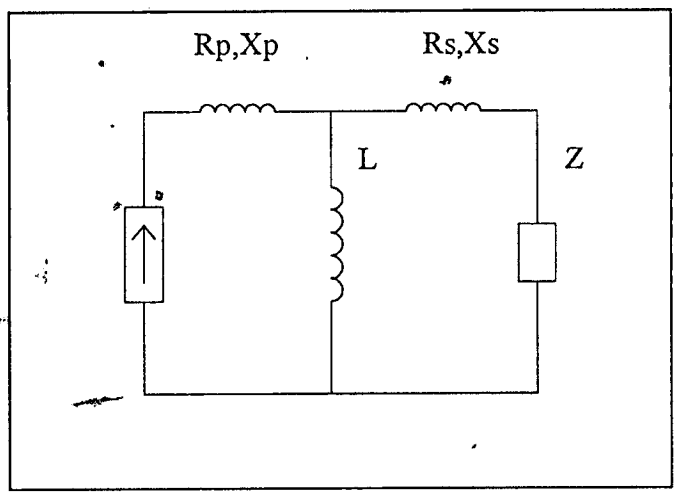
TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

2.- TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD.

FILOSOFIA DE FUNCIONAMIENTO.

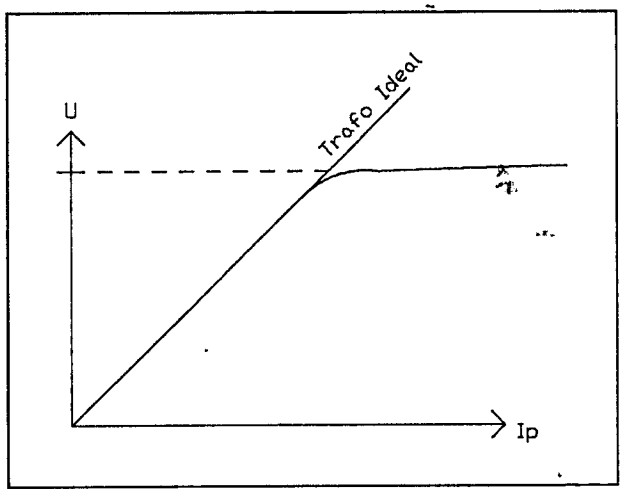
- Transformar una intensidad primaria en otra secundaria generalmente 1 o 5 Amperios.

Los trafos de intensidad se dividen en T.I. de proteccion y T.I. de medida.
Los T.I. de proteccion deben saturar a valores altos, mientras que los T.I. de medida para valores bajos.
Nomenclatura de los T.I. de proteccion.
los T.I. de proteccion se denominan de la forma
500/5 - 5 P 20 - 15 VA
el 500/5 representa la relacion de transformacion
el 5 P 20 el grado de precision (5 % de error a 20 veces In)
es decir que se supone que el T.I. no satura hasta por lo menos 20 veces In en este caso.
El 15 VA representa la potencia nominal del T.I. a su intensidad nominal (5 Amperios).
El circuito equivalente es el siguiente :



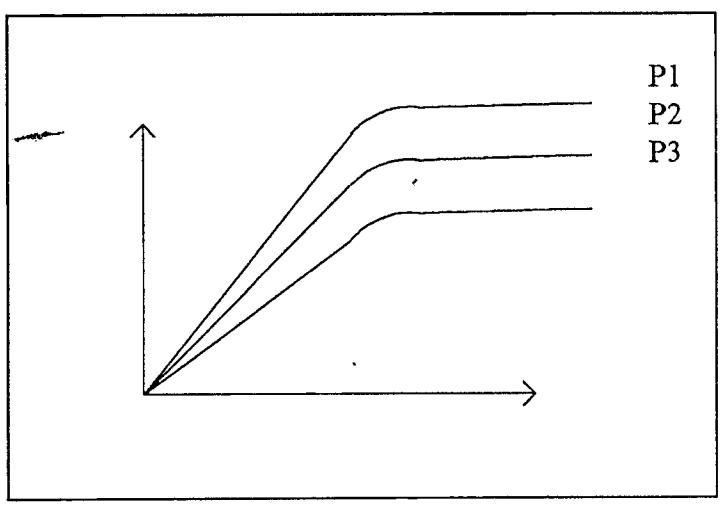
Curvas caracteristicas.

La curva caracteristica de un T.I. es la siguiente.
La tension de codo se define cuando para un incremento de la tension del 10 % se necesita un incremento de la intensidad primaria del 50 %.



Influencia de la carga.

Cuanto mas carga se conecta al T.I. antes satura, tal como se puede observar en el esquema siguiente:



Ejemplo:

sea un T.I. con las caracteristicas siguientes :
5 P 20 - 15 VA - 5 Amperios.
Suponiendo que el T.I. satura a 20 In para una carga nominal de 15 VA (valores minimos) calcular la corriente de saturacion si se le conecta una carga de 30 VA.
como $R.I^2 = VA$ $R=VA/I^2$
con lo cual R=15/25= 0,6 ohmios (carga de 15 VA)
como satura a 20 In = 20x5 = 100 A. el T.I. es capaz de suministrar una tension de 100x0,6 = 60 V.
cuando le pongamos una carga de 30 VA (o sea 1,2 ohmios)
el T.I. suministrara una intensidad I=U/R
o sea I=60/1,2 = 50 Amperios
o sea que el T.I. saturara entonces a 10 In.
Si la tension de codo real fuese 180 Voltios (dado por el fabricante o medida), entonces el T.I. saturaria realmente a un valor de 180/0,6= 300 Amperios (60 In) para 15 VA.
y 180/1,2=150 Amperios (30 In) para 30 VA.

SATURACION

Cuando un T.I. se satura disminuye su L (o X)
para encontrar la tension de codo, basta con mantener el secundario abierto e inyectar corriente por el primario hasta que se necesita un incremento de 50 % de I para obtener un 10% de U. Las corrientes que se inyectan seran muy pequeñas, ya que seran unicamente las de magnetizacion, que por otra parte interesa conocer para saber el error del T.I.

ELECCION DE T.I.

1.- POTENCIA.

Para hallar la potencia necesaria basta con sumar todas las potencias de los reles conectados al T.I. y la potencia disipada por los cables ($R.In^2$)

2.-PRECISION.

Hay que ajustarse a las recomendaciones de los fabricantes de protecciones, no obstante y con caracter general, podemos indicar que :
- para proteccion Diferencial 5 P 20
- para proteccion de sobreintensidad a tiempo independiente : 5 P 10 o 10 P 10
- para proteccion de sobreintensidad a tiempo dependiente :

5 P 15 (si lleva instantaneo) o 5 P 20 (si no lleva instantaneo).

FENOMENOS TRANSITORIOS EN T.I.

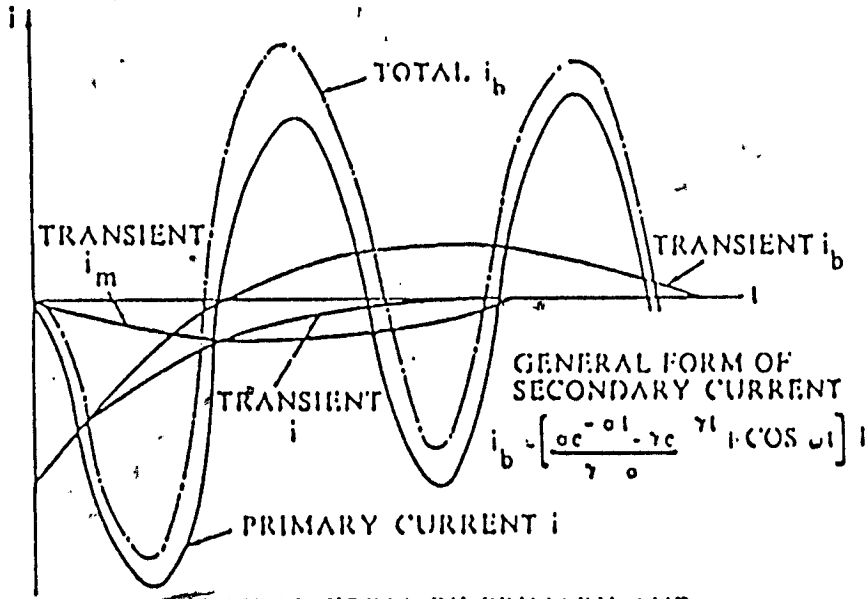
Un trafo de intensidad sometido a una corriente alterna asimetrica con una constante de tiempo ß, cuya ecuacion seria de la forma i(t)=Im.(cos(wt)-e(-ßt)), provoca una intensidad secundaria ib(t)=Im.((αe(-αt)-ße(-ßt))/(ß-α) + cos(wt))

es decir que aparece otra constante α que depende del T.I.

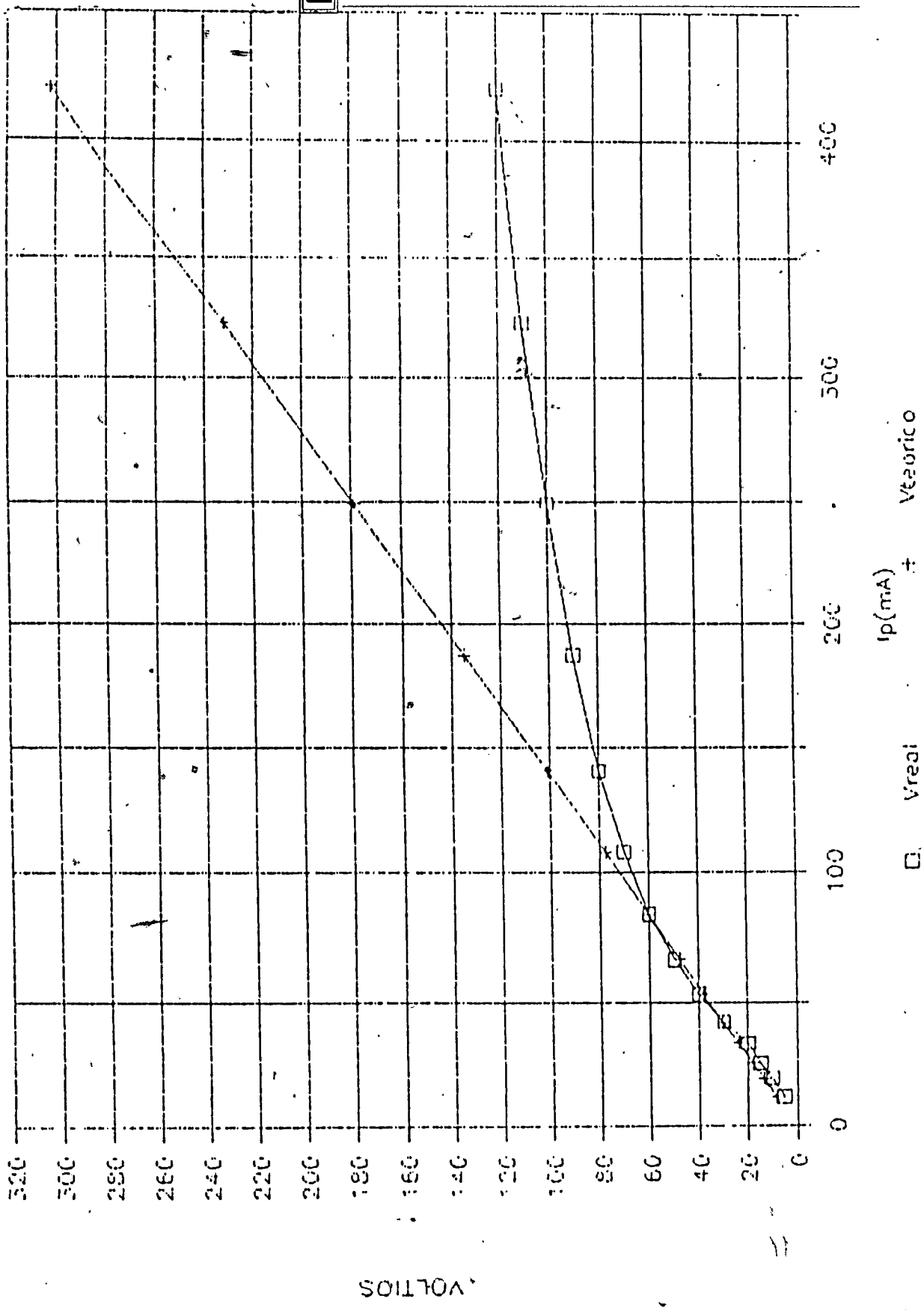
en efecto ß=w/X/R siendo X/R la constante de la red

y α=r/L siendo r la resistencia del T.I. y L la inductancia de magnetizacion del T.I.

Este fenomeno provoca un alargamiento de la constante de tiempo del sistema, que puede llegar a provocar el disparo de los reles de proteccion cuando las corrientes estan saturadas. la figura siguiente muestra la forma de la corriente de salida.



(a) GENERAL FORM OF PRIMARY AND SECONDARY CURRENTS


Ip(mA)
Vteorico
Vreal
VOLTIOS
400
300
200
100
0
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0

SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES

3.-SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES.

NECESIDAD DE LAS PROTECCIONES.

Las protecciones son necesarias para :
- Proteger eficazmente las maquinas contra funcionamientos anormales.
- Disminuir los daños producidos por los fallos electricos y mecanïcos.
- Para identificar y aislar imediatamente los equipos en defecto aumentando la productividad de las plantas.
- Aumentar el rendimiento de las maquinas, permitiendoles sobrecargas admisibles.

Para cumplir estos requisitos las protecciones deben ser :
- Fiables.
- Sensibles.
- Respuestas rapidas y precisas.

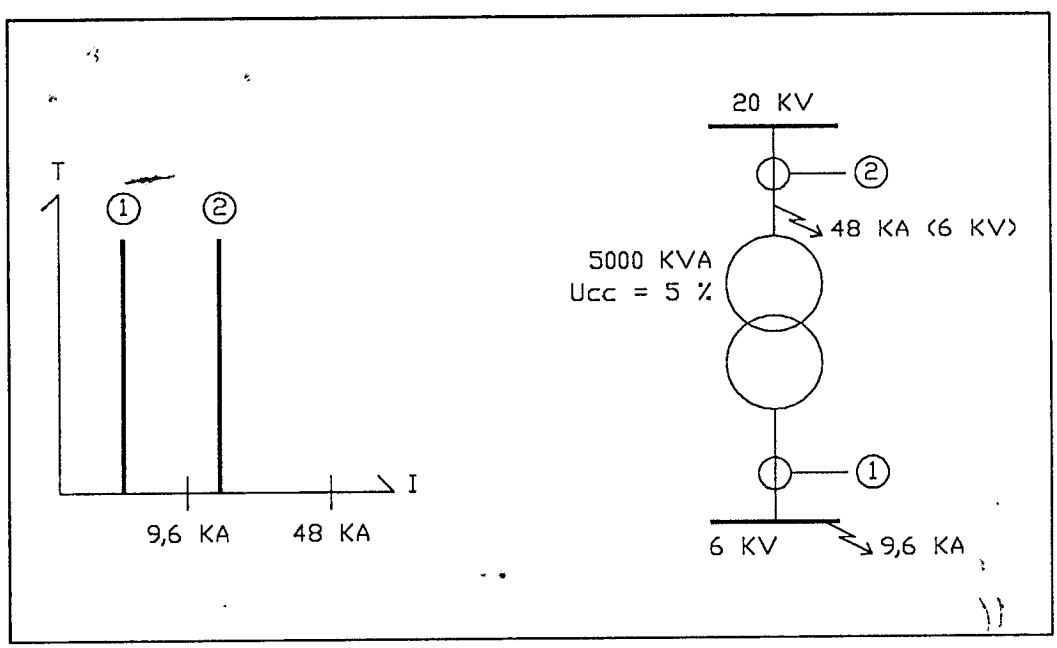
SELECTIVIDAD.

Un estudio de selectividad pretende ajustar los reles de proteccion de un sistema electrico, de tal forma que protegiendo perfectamente los elementos electricos, dispare solamente el rele del equipo en defecto, y en caso de no actuacion de este rele, que siempre haya una proteccion de respaldo.

SELECTIVIDAD AMPERIMETRICA.

La proteccion amperimetrica (por corriente) constituye la proteccion de base de una red. Debe ser rapida y sensible para limitar las deformaciones de los materiales mientras permanece el defecto (esfuerzos electrodinamicos y efectos termicos).
El principio de coordinacion se basa en la discriminacion del umbral de funcionamiento en corriente de 2 reles consecutivos. Este tipo de selectividad se aplica en redes donde existe una variacion de impedancias importante :
- transformadores.
- Cables de gran longitud.

Ejemplo :
En caso de fallo en 6 KV el rele 2 no ve nada, con lo cual solo dispara el rele **1** y tenemos selectividad.
Si por cualquier circunstancia no disparase el rele **1** (fallo del rele, fallo del interruptor), no tenemos proteccion de respaldo.

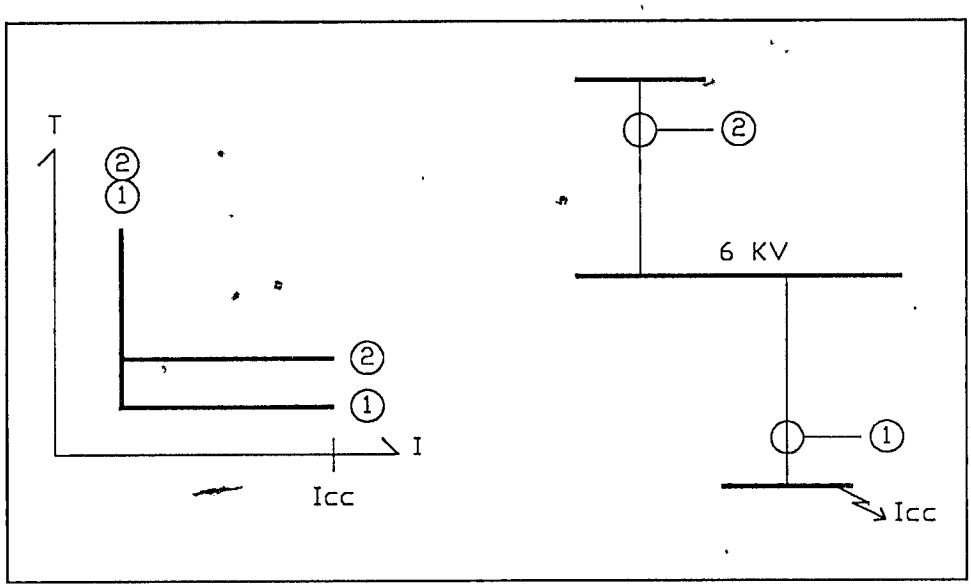


SELECTIVIDAD CRONOLOGICA.

Se basa en discrimar el defecto poniendo distintos tiempos de actuacion de los reles.
Se utiliza en redes con pocas variaciones de impedancia.
El intervalo selectivo (diferencia de temporizacion entre 2 reles consecutivos) utilizado en las protecciones electronicas es de 300 ms, valor obtenido con la suma de los tiempos siguientes :

- Tiempo de eliminacion del defecto por los interruptores : 100 ms.
- Suma de los errores de temporizacion de 2 reles 2x30 ms
  60 ms.
- Overshoot del rele aguas arriba (memoria despues de la extincion del defecto: 30 ms.
- Intervalo de seguridad de aproximadamente 100 ms.

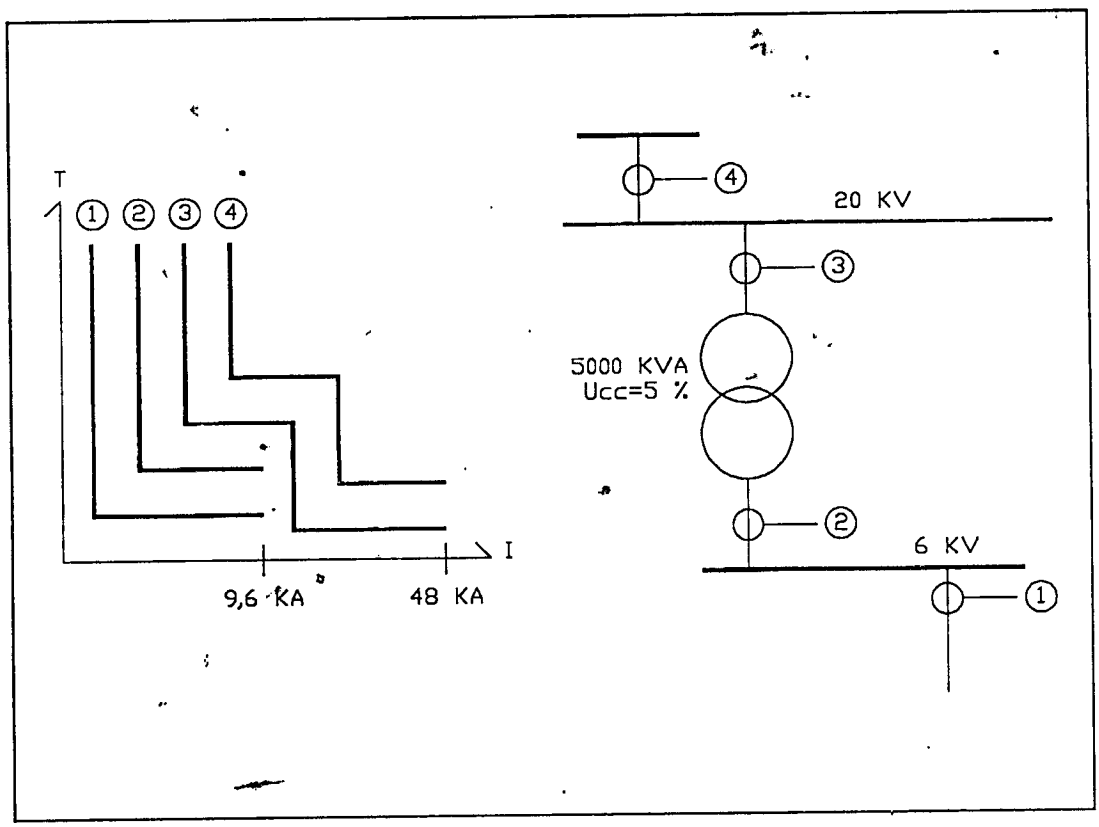
El problema de este tipo de selectividad, es que cuanto mas cerca estamos de la fuente, mas largo son los tiempos de disparo, y es donde mas violentos son los cortos.
Ejemplo



SELECTIVIDAD AMPERIMETRICA Y CRONOLOGICA.

Se basa en combinar los 2 metodos antes citados.
Este tipo de coordinacion es la que se utiliza generalmente.

Ejemplo :



SELECTIVIDAD LOGICA.

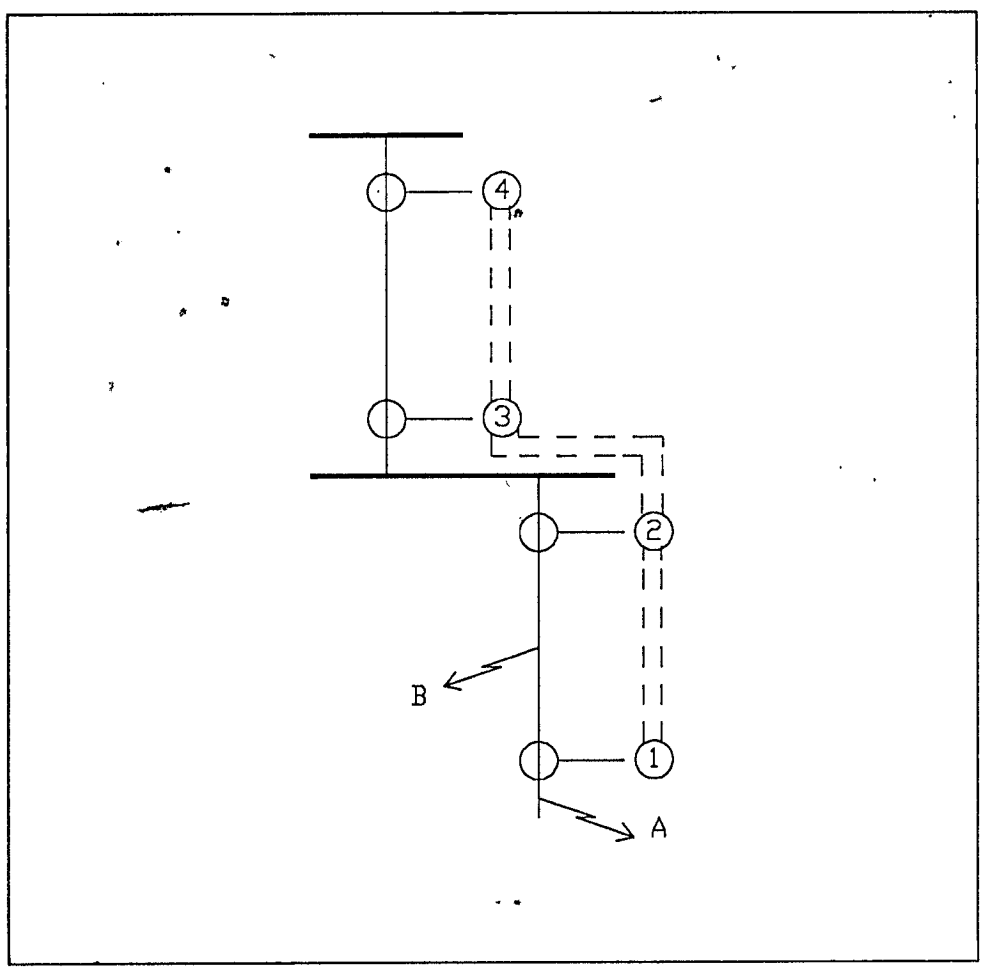
Se basa en comunicar los distintos reles de un red en cascada.

1.- Fallo en "A".

El rele **1** detecta el fallo y se lo comunica al rele **2** que se inhibe. El rele **2** lo comunica al rele **3** y este al 4 al final solo dispara el rele **1**

2.- Fallo en "B".

El rele **2** detecta el fallo y se lo comunica al rele **3** y este al **4** y solamente dispara el rele **2**.
Este sistema se llama P.S.C.A. Proteccion Selectiva Cronologica Accelerada.



4.1. Protección de sobreintensidad

Se trata de la protección más extendida en su aplicación. Controla la intensidad de paso por el equipo protegido; cuando el valor es superior al ajustado en el relé, se produce la acción subsiguiente (por ejemplo, se dispara un interruptor, se activa una alarma óptica o acústica, etc.).

En principio, las protecciones de sobreintensidad admiten su clasificación en dos grandes grupos, en función del tiempo de operación:

- A tiempo independiente
- A tiempo dependiente

4.1.1 Protección de sobreintensidad a tiempo independiente

Un relé de sobreintensidad a tiempo independiente operará siempre en el mismo tiempo para todo valor de intensidad superior al ajustado en el propio relé.

La figura 4.1. muestra esquemáticamente un relé de sobreintensidad a tiempo independiente, compuesto por un elemento de control de corriente, de tipo «todo o nada», que excita un elemento de temporización ajustado a un valor determinado que puede ser nulo, en cuyo caso se puede hablar de un relé «instantáneo».

Casi todos los relés de sobreintensidad incorporan una unidad de sobreintensidad, denominada «elemento instantáneo», en serie con el relé de sobreintensidad a tiempo dependiente, de forma que ambas unidades están recorridas por la misma corriente. Usualmente esta unidad se ajusta a un valor muy superior al de la intensidad de arranque del elemento a tiempo dependiente.

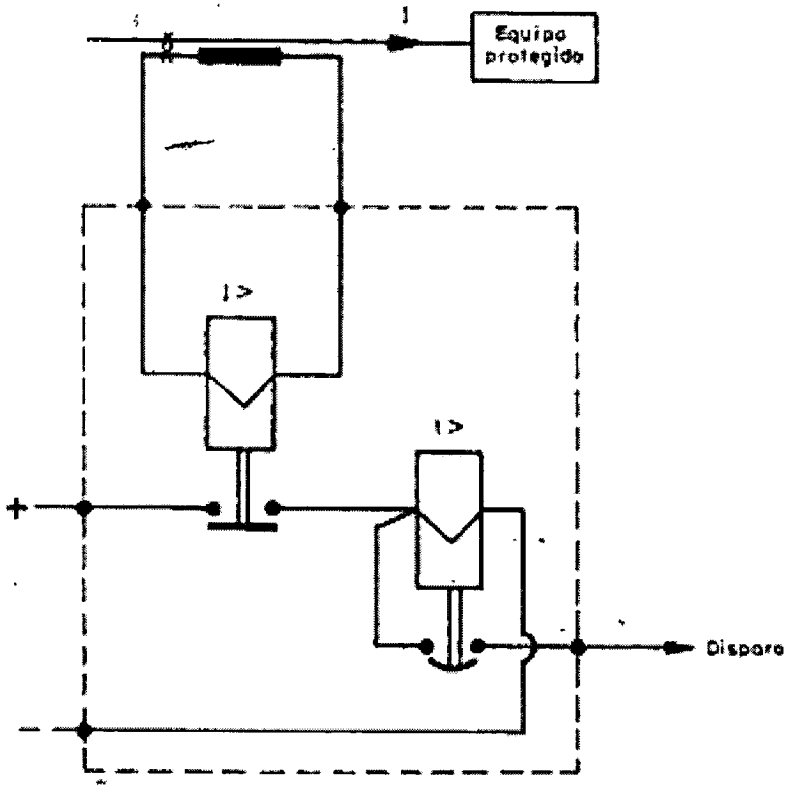


Fig. 4.1 Relé de sobreintensidad a tiempo independiente.

El siguiente ejemplo ilustra la utilidad de la «unidad instantánea». Previamente se han de efectuar algunos cálculos de cortocircuito. Se supone que en caso de cortocircuito en la estación *B*, la intensidad es de 1.200 A. Para faltas más allá de la estación *B*, lógicamente la intensidad alcanzará valores inferiores, al aumentar la impedancia (fig. 4.2).

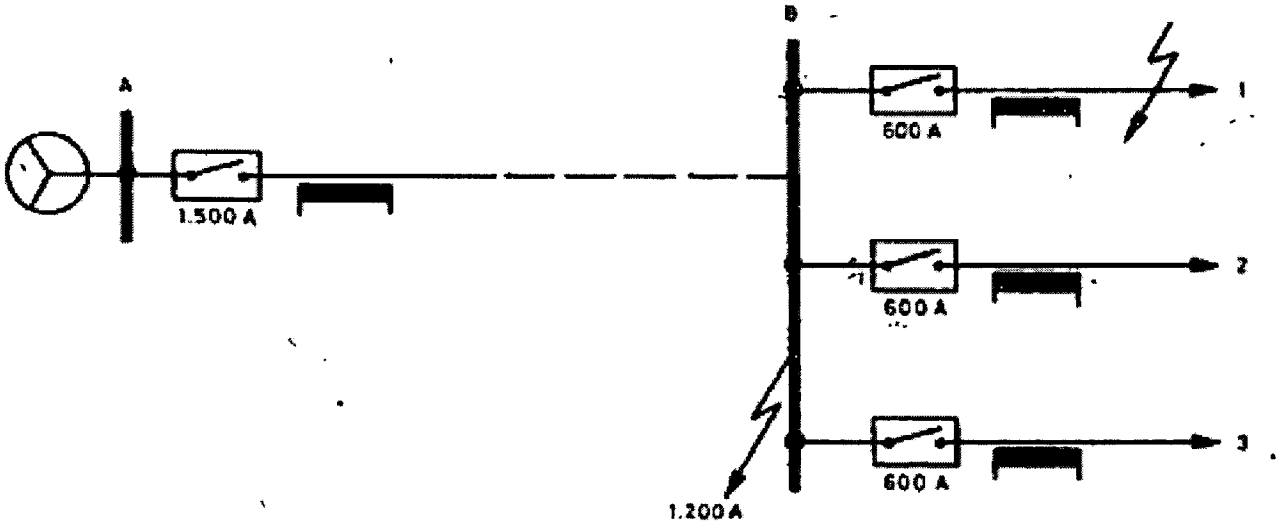


Fig. 4.2 Selectividad entre elementos instantáneos.

Con los ajustes indicados en la figura 4.2 se garantiza que el elemento instantáneo de la protección en la estación *A* sólo puede actuar para cortocircuitos en el tramo *AB*. En caso de cortocircuito, por ejemplo en la salida 1, si la intensidad es superior a 600 A la protección de esta línea desconectará instantáneamente su interruptor.

En ocasiones, los puntos *A* y *B* forman parte de una misma estación, las distancias son casi inexistentes y las intensidades de cortocircuito en *A* y *B*, idénticas. Aun así es posible que los relés instalados en *A* dispongan de disparo rápido selectivo con los ajustes de las salidas (fig. 4.3).

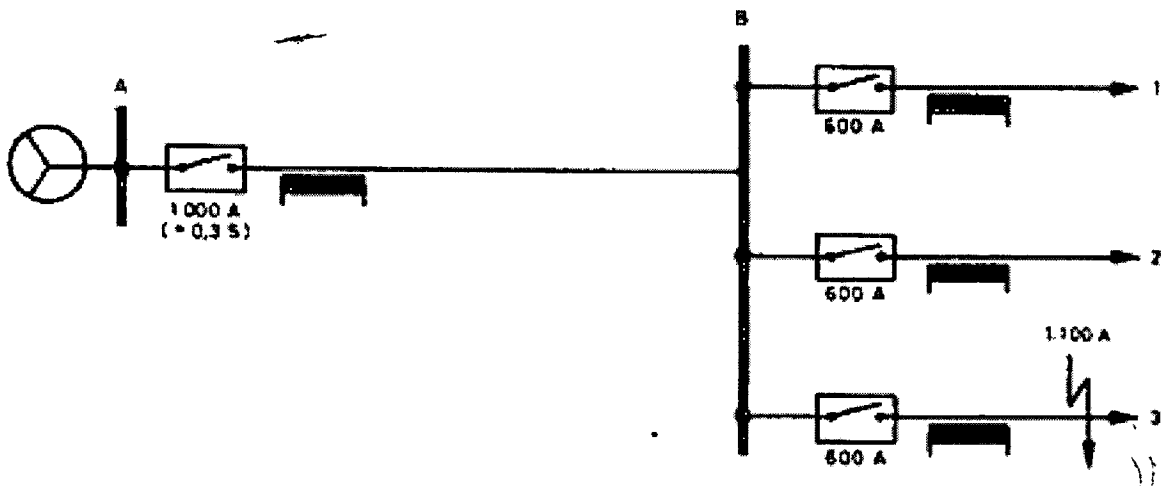


Fig. 4.3 Selectividad mediante temporización adicional.

En este caso, el disparo ordenado por la unidad instantánea de los relés de la protección *A* se temporiza ligeramente para que en caso de falta en una salida, por ejemplo en la línea 3 –en cuyo caso cerrarían contactos el relé de la línea 3 y también el del generador *A*–, exista el margen de tiempo suficiente para que abra el interruptor de la línea 3 (fig. 4.4).

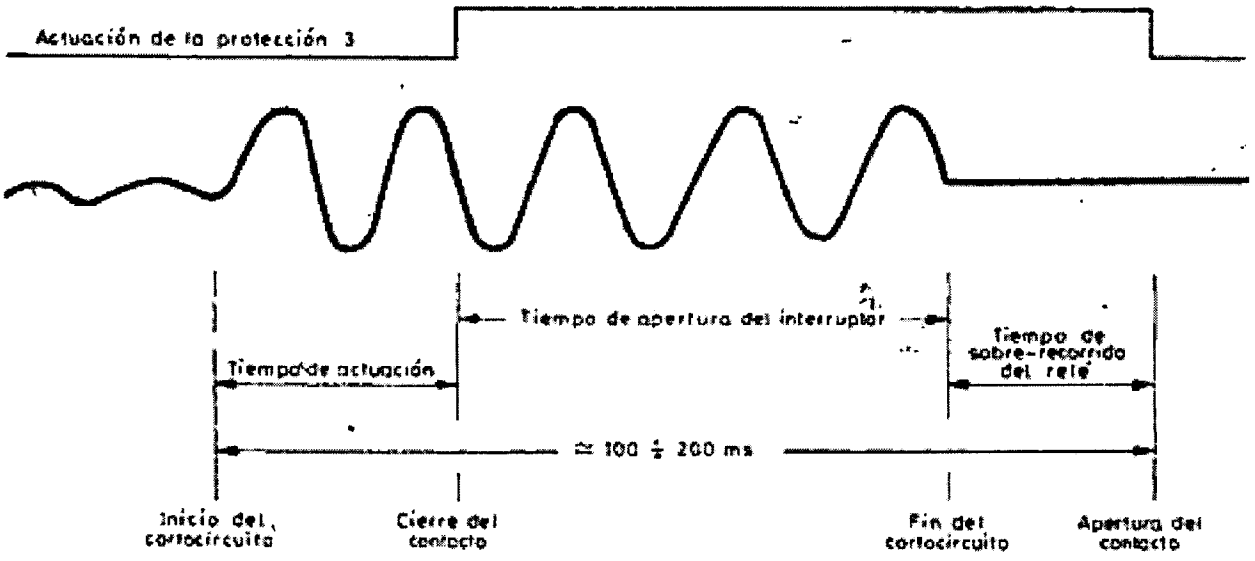


Fig. 4.4 Análisis selectividad.

Un retardo de 0,3 s puede parecer muy conservador, pero no es aconsejable bajar de este valor. Los tiempos de apertura de los interruptores automáticos oscilan entre 35 y 110 ms, dependiendo de la importancia del elemento de la red al que van asociados. Los tiempos más cortos corresponden a interruptores de líneas y equipos de muy alta tensión. Por el contrario, en la red M.T. los interruptores tienen tiempos de apertura superiores. Tanto en uno como en otro caso, en el supuesto de cierre sobre cortocircuito el tiempo de apertura prácticamente se duplica. De ahí el por qué del retardo mínimo de 0.3 s.

4.1.2 Protección de sobreintensidad a tiempo dependiente o tiempo inverso

Un relé de protección de sobreintensidad a tiempo dependiente operará en un tiempo que es función del valor de la corriente, de forma que cuanto mayor sea ésta, menor será el tiempo de actuación. Por este motivo, este tipo de relés suelen denominarse «a tiempo inverso». Los fabricantes pueden suministrar relés con diferentes características de operación: a tiempo normal inverso (N.I.), muy inverso (M.I.), extremadamente inverso (E.I.), etc.

El tiempo de operación y la corriente están relacionados por una ecuación que define la curva de operación característica del relé

El siguiente ejemplo ilustra la utilidad de la «unidad instantánea». Previamente se han de efectuar algunos cálculos de cortocircuito. Se supone que en caso de cortocircuito en la estación *B*, la intensidad es de 1.200 A. Para faltas más allá de la estación *B*, lógicamente la intensidad alcanzará valores inferiores, al aumentar la impedancia (fig. 4.2).

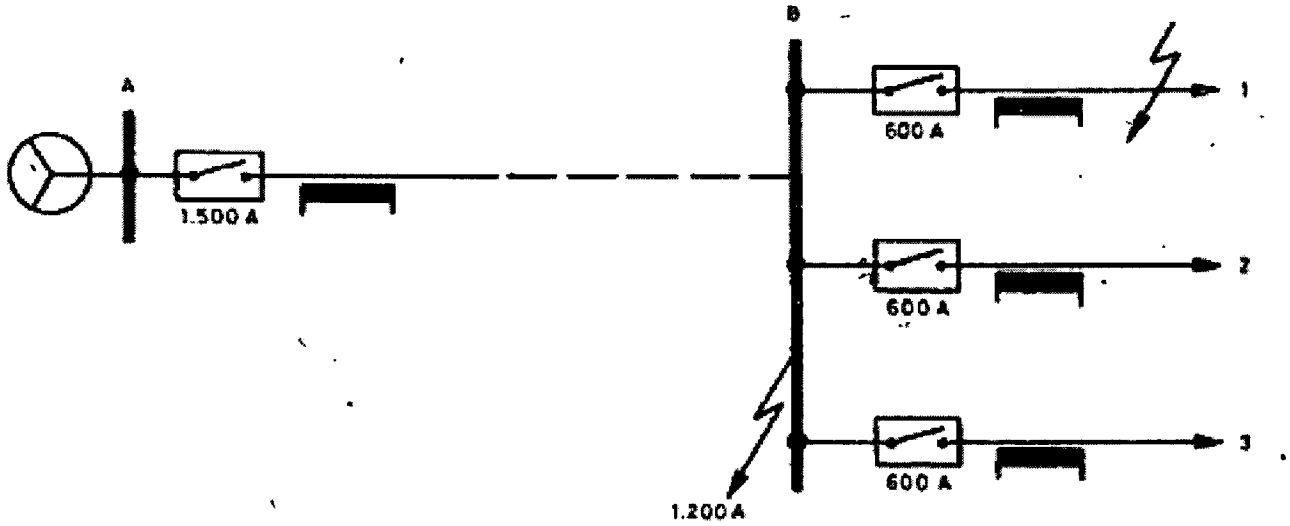


Fig. 4.2 Selectividad entre elementos instantáneos.

Con los ajustes indicados en la figura 4.2 se garantiza que el elemento instantáneo de la protección en la estación *A* sólo puede actuar para cortocircuitos en el tramo *AB*. En caso de cortocircuito, por ejemplo en la salida 1, si la intensidad es superior a 600 A la protección de esta línea desconectará instantáneamente su interruptor.

En ocasiones, los puntos *A* y *B* forman parte de una misma estación, las distancias son casi inexistentes y las intensidades de cortocircuito en *A* y *B*, idénticas. Aun así es posible que los relés instalados en *A* dispongan de disparo rápido selectivo con los ajustes de las salidas (fig. 4.3).

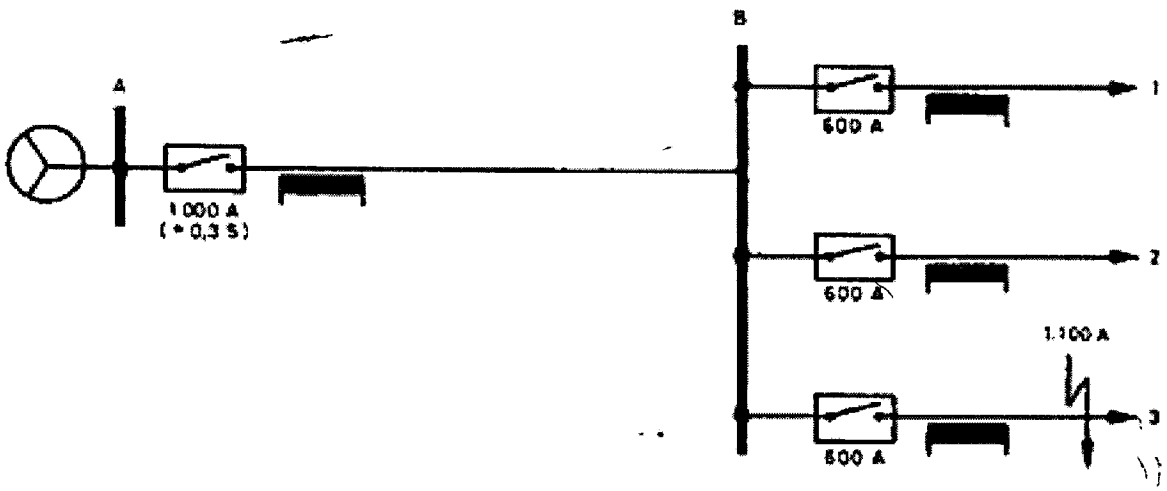


Fig. 4.3 Selectividad mediante temporización adicional.

En este caso, el disparo ordenado por la unidad instantánea de los relés de la protección *A* se temporiza ligeramente para que en caso de falta en una salida, por ejemplo en la línea 3 –en cuyo caso cerrarían contactos el relé de la línea 3 y también el del generador *A*–, exista el margen de tiempo suficiente para que abra el interruptor de la línea 3 (fig. 4.4).

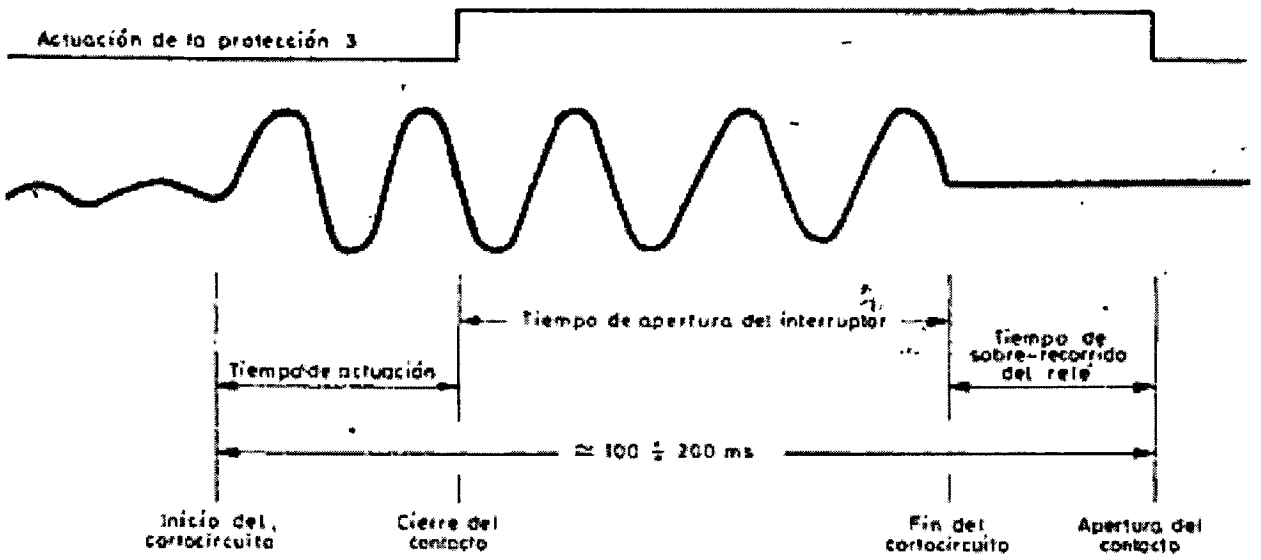


Fig. 4.4 Análisis selectividad.

Un retardo de 0.3 s puede parecer muy conservador, pero no es aconsejable bajar de este valor. Los tiempos de apertura de los interruptores automáticos oscilan entre 35 y 110 ms, dependiendo de la importancia del elemento de la red al que van asociados. Los tiempos más cortos corresponden a interruptores de líneas y equipos de muy alta tensión. Por el contrario, en la red M.T. los interruptores tienen tiempos de apertura superiores. Tanto en uno como en otro caso, en el supuesto de cierre sobre cortocircuito el tiempo de apertura prácticamente se duplica. De ahí el por qué del retardo mínimo de 0.3 s.

4.1.2 Protección de sobreintensidad a tiempo dependiente o tiempo inverso

Un relé de protección de sobreintensidad a tiempo dependiente operará en un tiempo que es función del valor de la corriente, de forma que cuanto mayor sea ésta, menor será el tiempo de actuación. Por este motivo, este tipo de relés suelen denominarse «a tiempo inverso». Los fabricantes pueden suministrar relés con diferentes características de operación: a tiempo normal inverso (N.I.), muy inverso (M.I.), extremadamente inverso (E.I.), etc.

El tiempo de operación y la corriente están relacionados por una ecuación que define la curva de operación característica del relé

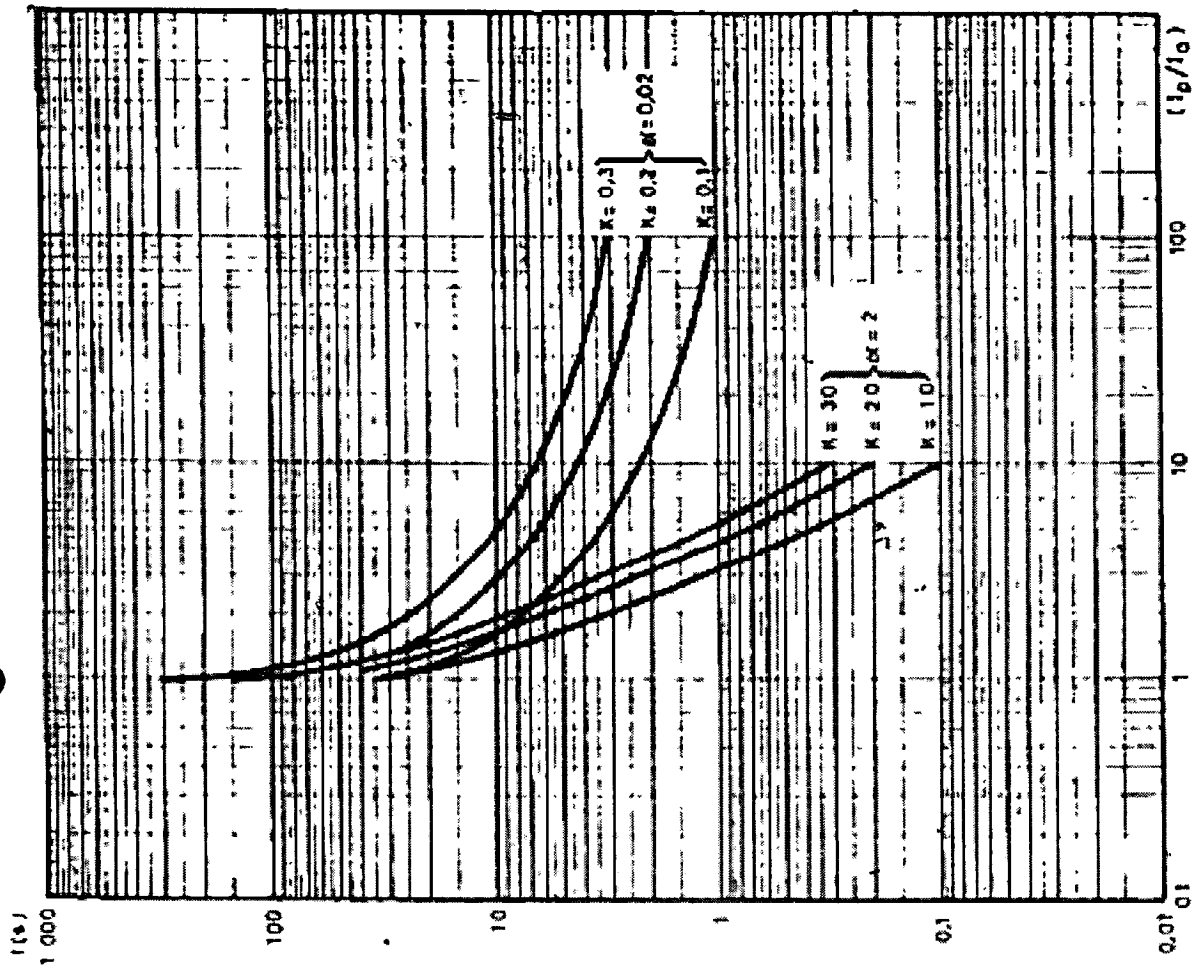


Fig. 4.5.

o, lo que es lo mismo:

300 A – 1,5 s al 500 %

Cuando se emplea siempre el mismo cociente *I*p / *I*a, ya no es necesario detallarlo, pues queda sobrentendido:

300 A – 1,5 s

Al dibujar las curvas de distintos relés para estudiar su selectividad, no se deben olvidar las unidades de disparo instantáneo si se desean evitar faltas de selectividad. Aun en el caso de existir retardo adicional, es posible que no haya selectividad con los elementos a tiempo dependiente a su vanguardia para el caso de corrientes elevadas, como ilustra la figura 4.9.

$$t = \frac{k}{\left(\frac{Ip}{Ia}\right)^{\alpha} - 1} \; ; \; (s)$$

siendo:

Ip = intensidad de paso
Ia = intensidad de ajuste
α, k = constantes de diseño
t = tiempo de operación (s)

El exponente α define el tipo de característica (N.I.; M.I.; E.I., etc.) (fig. 4.5). Para un cociente Ip / Ia y un exponente α dados, el tiempo de operación será tanto mayor cuanto mayor sea k. Por consiguiente, dentro de una característica determinada por α, la constante k define los tiempos de actuación, y por ello suele hablarse de «característica Normal Inversa, tiempo corto», «característica muy inversa, tiempo largo», etcétera.

Lo normal es que un relé de sobreintensidad, dentro de su característica, ofrezca no sólo una curva de actuación, sino una familia de ellas (fig. 4.6). Mediante un dispositivo adecuado, se puede acceder a las diferentes curvas comprendidas entre los límites superior e inferior de la familia, adecuándose así la protección a las necesidades particulares.

Esto se suele hacer en la práctica rotulando el recorrido del citado dispositivo con números del 1 al 10. En la posición 10, la curva ajustada es la representada por la ecuación característica. En la posición 8, los tiempos de operación serán el 80 % de los anteriores

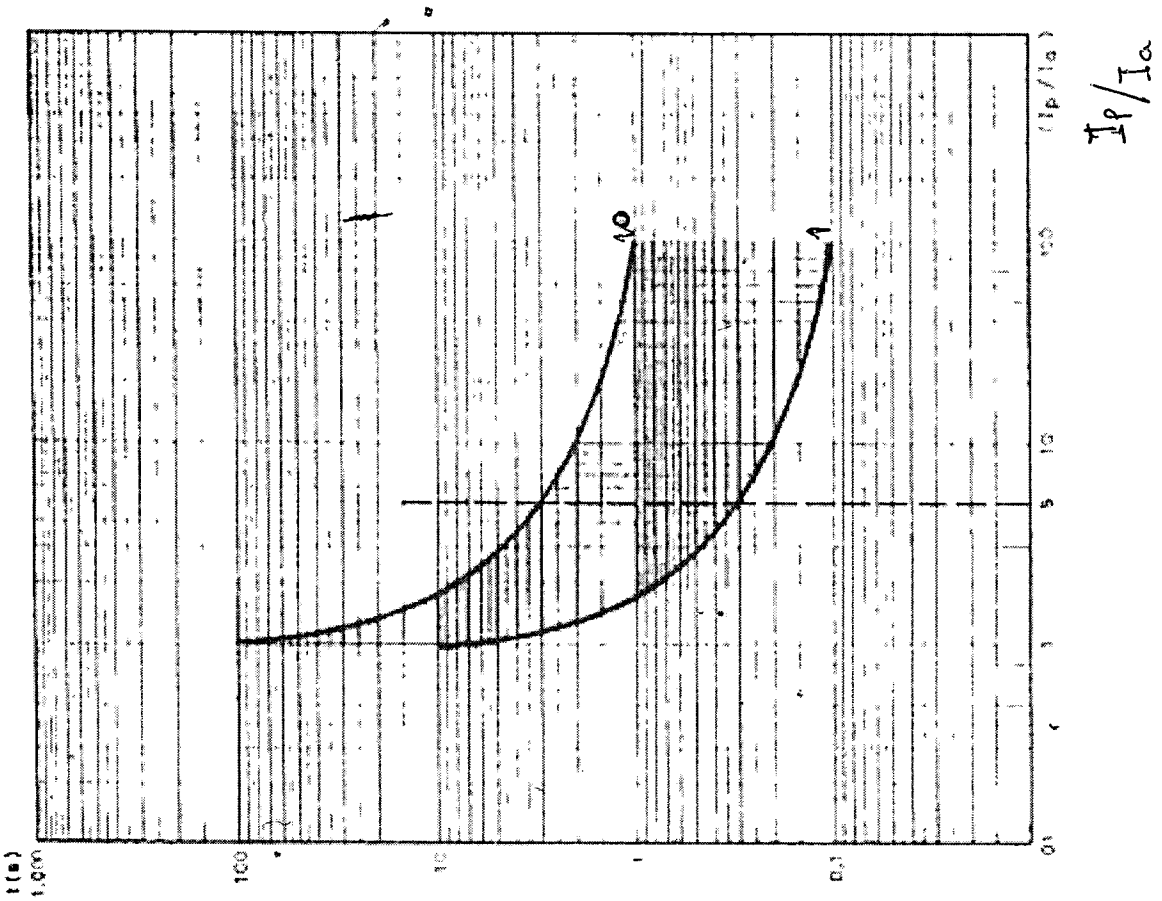


Fig. 4.6.

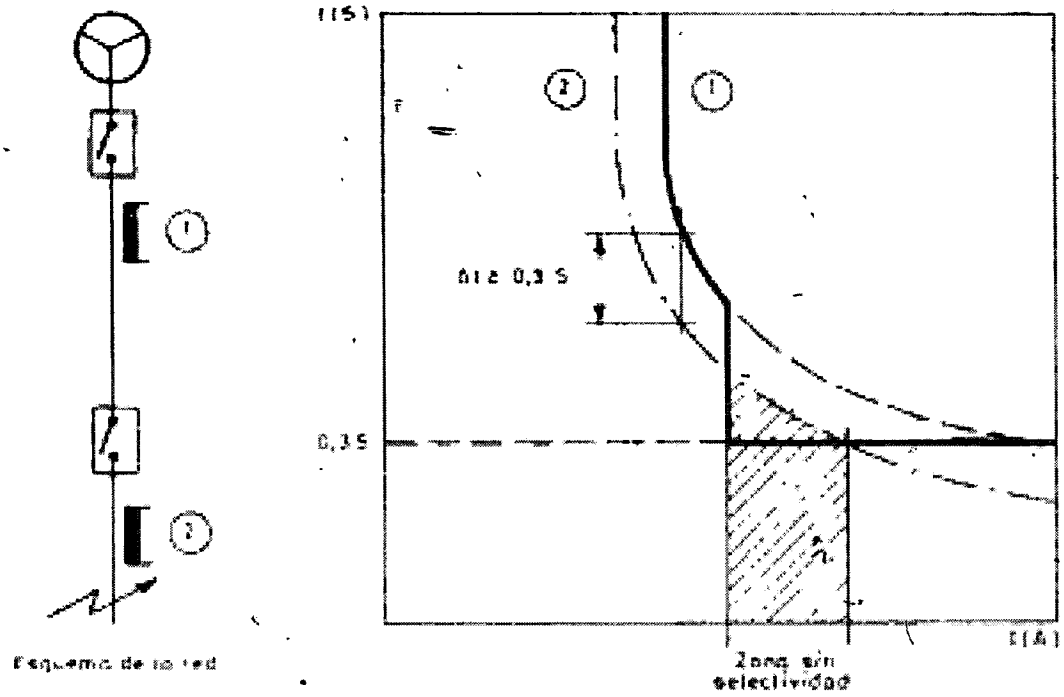


Fig. 4.9 Curvas de selectividad

Un relé de inducción electromagnético presenta ventajas e inconvenientes, siendo de destacar el tiempo de reposición. Este tiempo es el que necesita el relé, después de operar, para pasar de nuevo a las condiciones iniciales. En este relé el disco invierte un cierto tiempo en retornar a su posición inicial.

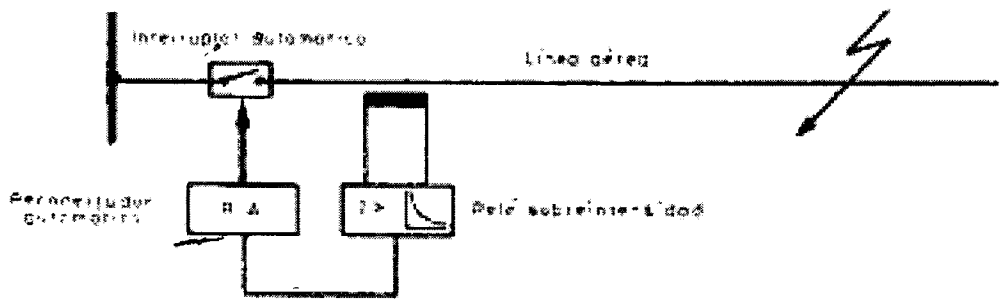


Fig. 4.10 Esquema básico de protección con reconectador automático.

En el ejemplo de la figura 4.10, la protección de sobreintensidad, cuando actúa, realiza simultáneamente dos funciones: disparo –con su temporización– del interruptor, y activación del reconectador automático. El reconectador, transcurrido un tiempo (del orden de 1 s), excitaría la bobina de cierre del interruptor, con lo que se produciría un «reenganche». Si persistiese la avería, el relé de sobreintensidad debería operar en el mismo tiempo que en la ocasión anterior, pero esto sólo ocurrirá si el disco ha llegado a su posición de reposo. De no ser así, el relé actuará en un tiempo inferior.

Desde este punto de vista, esta característica del relé constituye una ventaja, ya que, en caso de avería permanente, se consigue desconectar la línea en un tiempo inferior al prescrito, lo que evita mayores desperfectos.

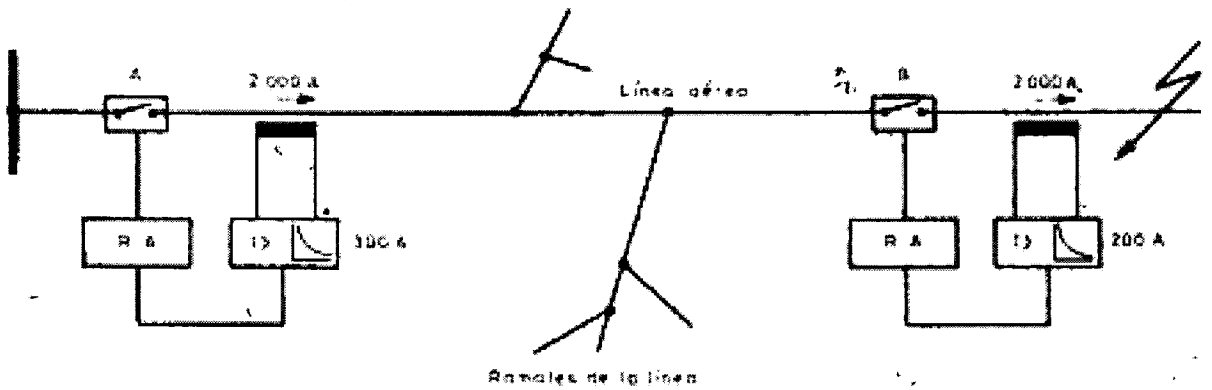


Fig. 4.11 Esquema básico de un sistema selectivo.

En la figura 4.11 se observa lo que puede suceder cuando existen dos protecciones en serie. En principio, para la avería representada, la protección más inmediata será la que desconectará su interruptor y excitará el correspondiente reconectador automático. Sin embargo, en los dos relés habrán avanzado los discos de inducción, de forma que de persistir la avería en el momento del reenganche, puede darse el caso de que ambos relés disparen, con la consiguiente interrupción en el suministro comprendido entre ambos relés. Este fenómeno no es, afortunadamente, muy frecuente.

Este ejemplo pone de manifiesto las ventajas que un relé «electrónico» presenta frente a un relé «electromagnético». En el relé electrónico es posible conseguir una mayor exactitud en los parámetros de ajuste (toma de arranque, curva característica, etc.) y también –al no existir inercia mecánica– un valor y un tiempo de reposición imposibles de conseguir en un relé de inducción electromagnético. Por otra parte, hay que significar que los relés electrónicos tienen su talón de Aquiles en la fuente de alimentación auxiliar. En algunos esquemas de protección, incluso con relés electrónicos, no se precisa fuente auxiliar de alimentación, pues la energía necesaria para la operación de los relés la toman éstos del propio circuito de corriente. Mediante un percutor se actúa sobre el mecanismo de desconexión del interruptor.

Otro sistema de desconexión consiste en excitar la bobina de disparo del interruptor con la propia corriente secundaria de los transformadores de corriente. La limitación de este sistema es que la mínima corriente ajustable es la corriente necesaria para activar el solenoide del interruptor.

4.1 3 Protección de sobreintensidad con frenado de tensión

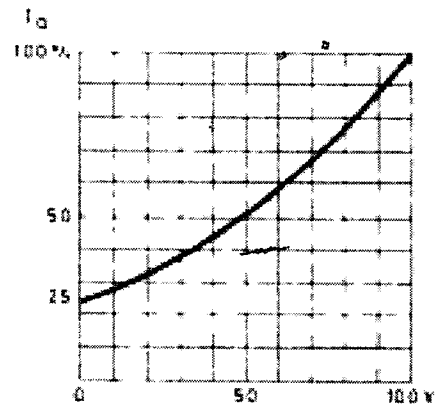
Algunos relés de sobreintensidad a tiempo inverso incorporan un elemento muy útil para mejorar la selectividad entre protecciones. Este elemento controla la tensión de la red en el punto de instalación del relé. Cuanto menor sea ésta, menor será el tiempo de actuación del elemento de control de la corriente. Este tipo de relés se clasifican en: «controlados por tensión» y «frenados por tensión».

En el relé de sobreintensidad con frenado por tensión, el valor de arranque del elemento de inducción está en función de la tensión de la red. Por ejemplo, al 100 % de tensión el valor de arranque es exactamente el ajustado; conforme la tensión disminuye se reduce asimismo el valor de arranque. En caso de tensión nula (0 %) el arranque se produce con sólo el 25 % del valor ajustado. La figura 4.12 muestra la curva superior de la familia de un relé de sobreintensidad para diferente tensión.

En la figura 4.13 puede verse que incluso con idénticos ajustes en los tres relés, *A*, *B* y *C*, la función de «frenado por tensión» establecería que fuese el relé *C* el primero en actuar para el cortocircuito representado.

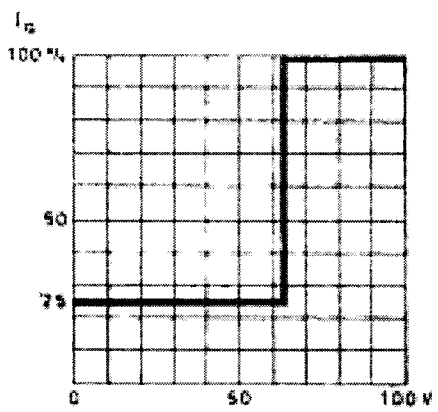
En el relé «controlado por tensión» la intensidad de arranque no se controla de forma continuada como en el de «frenado». Únicamente se varía el valor de arranque a un valor inferior cuando la tensión desciende por debajo de un determinado nivel. Suele emplearse el 63 % como nivel de conmutación.

En este supuesto, y volviendo a la figura 4.13, la tensión entregada a los relés *B* y *C* es inferior al 63 % de la nominal. Por tanto, si se desea mantener la selectividad entre protecciones, la intensidad de arranque del relé *B* deberá ser superior a la del relé *C*.



Frenado por tensión

Gráfico a)



Controlado por tensión

Gráfico b)

Los gráficos *a)* y *b)* muestran la forma en que la tensión de la red influye sobre la intensidad de arranque para los dos tipos de relé.

4.2 Protección de sobreintensidad direccional

En la práctica, se dan casos en que se precisan más parámetros para conseguir la necesaria selectividad entre protecciones. La figura 4.14 pone de manifiesto que, en el caso de

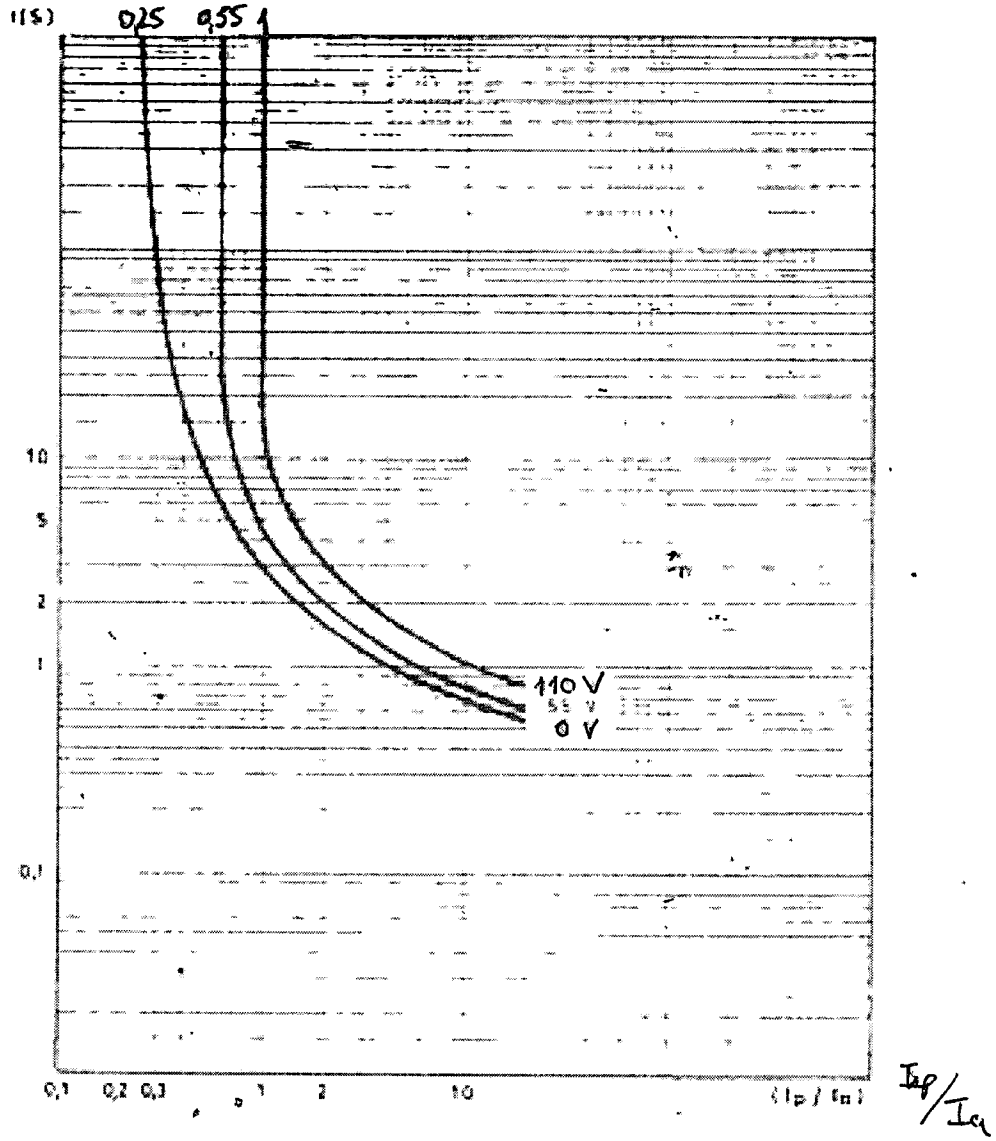


Fig. 4.12. Características tiempo/corriente en un relé de frenado por tensión.

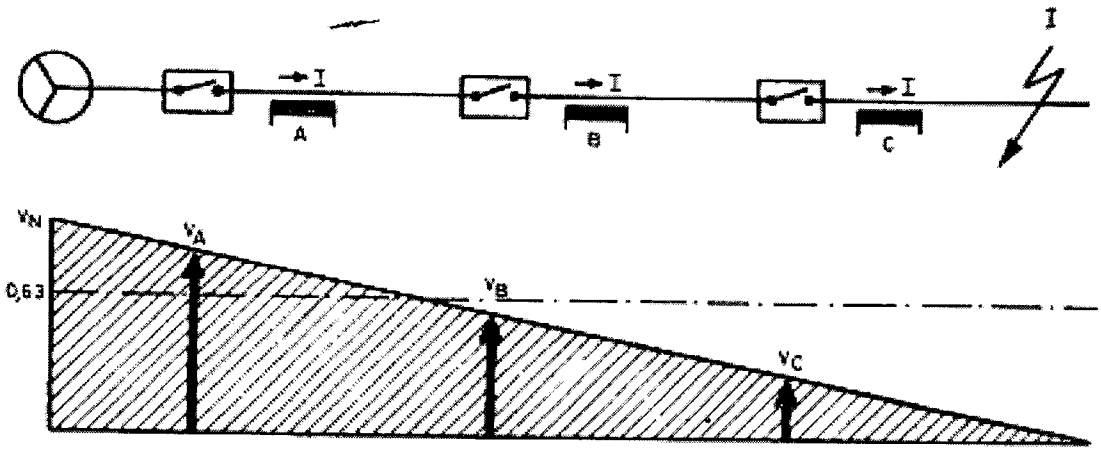


Fig. 4.13 Niveles de frenado.

que los circuitos 1 y 2 estén funcionando en paralelo, es prácticamente imposible garantizar la selectividad entre protecciones y en definitiva desconectar un circuito, en caso de avería, manteniendo en funcionamiento el otro.

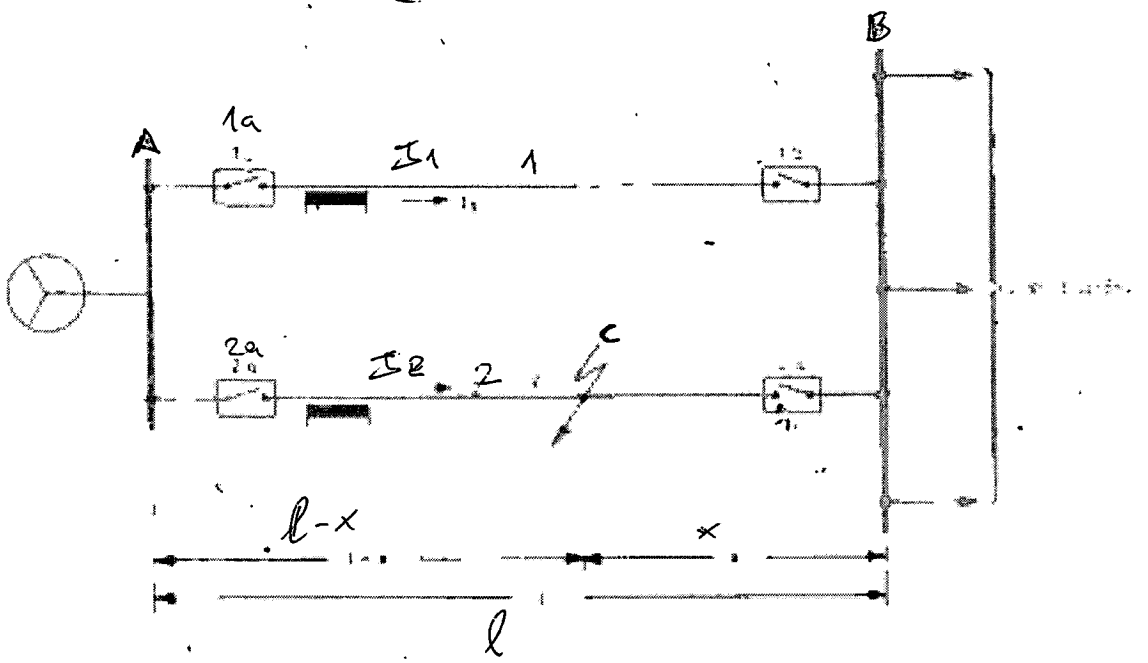


Fig. 4.14 Selectividad entre protecciones.

Si aparece una falta en el punto *c*, la intensidad que la estación (*A*) aporta al cortocircuito se bifurcará sobre ambos circuitos (1 y 2) en una proporción que dependerá de las distancias

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1 + x}{1 - x} \qquad (I_2 > I_1)$$

Si en la estación (*A*) las salidas cuentan con un equipo de protección contra sobreintensidades, la protección *2a* tenderá a actuar antes que la protección *1a*, ya que $I_2 > I_1$.

Una vez ha disparado el interruptor del circuito (*2*), en el circuito (*1*) aumentará (en mayor o menor grado) la corriente y, si el cortocircuito no se elimina de una manera natural, disparará el interruptor del circuito (*1*) al actuar su protección de sobreintensidad.

En el momento en que esto se produzca, la estación (*B*) quedará sin alimentación, con la consiguiente pérdida del mercado y los problemas inherentes a toda interrupción del servicio.

Supongamos que en la estación (*B*) (fig. 4.15) las entradas están provistas de relés de sobreintensidad no direccional.

En primer lugar, los ajustes de sobreintensidad de cada una de las protecciones *1b* y *2b* deben ser superiores a los de cada una de las salidas *bx*, *by* y *bz*, ya que, de otro modo, un cortocircuito, por ejemplo en la salida *by*, podría provocar el disparo de los interruptores *1b* y *2b*.

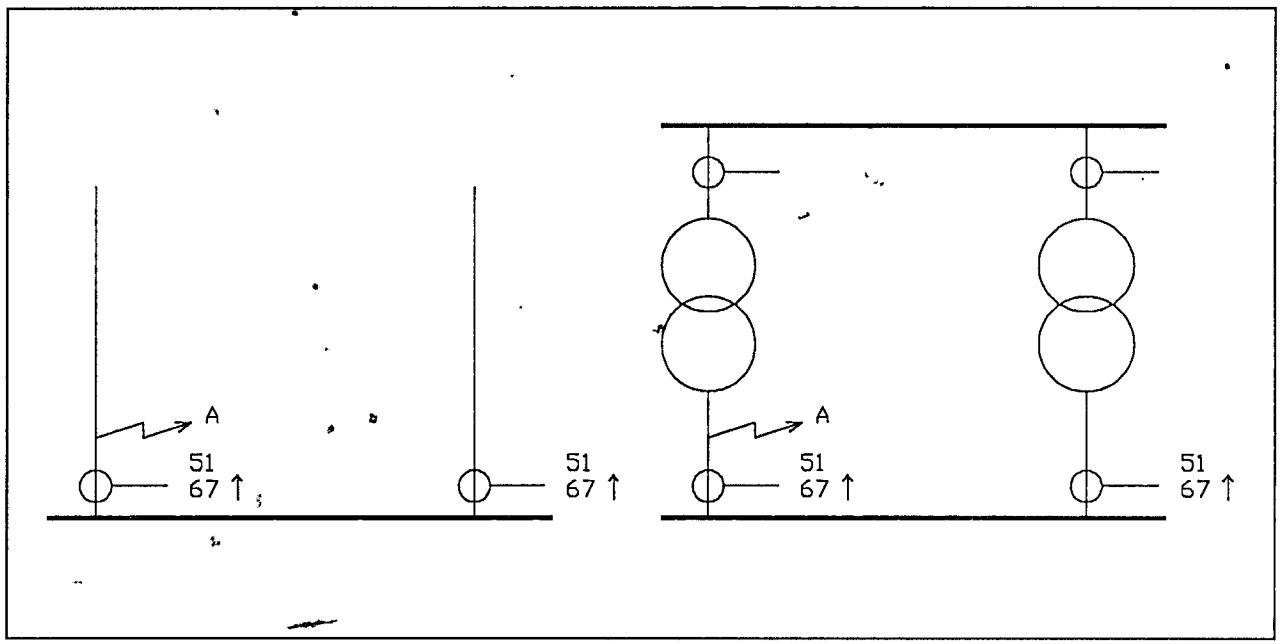
RELES DIRECCIONALES

RELES DIRECCIONALES.

1.- RELES DIRECCIONALES DE FASES.

Los reles direccionales de fases se emplean cuando se tiene 2 o mas elementos en paralelo. Estos reles disparan cuando la corriente circula en un determinado sentido y supera un umbral de disparo. Obviamente para poder hablar de sentido, estos reles deben estar polarizados (Tension).
Ejemplo:

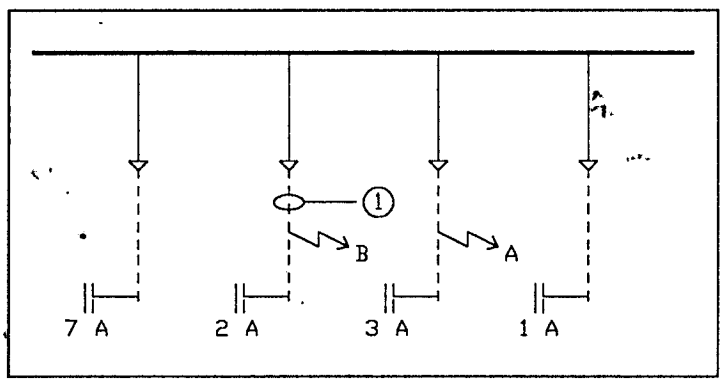
Si no se pusiesen reles direccionales en esta red, un fallo en **A** haria disparar los 2 reles de sobreintensidad [51] de ambas llegadas.



RELES DIRECCIONALES DE TIERRA.

Los reles direccionales de tierra se emplean al igual que los reles direccionales de fases cuando tenemos 2 o mas fuentes homopolares en paralelo. Disparan cuando la corriente homopolar es superior a un valor determinado y en un determinado sentido. Por lo cual deben estar polarizados bien en tension homopolar bien en corriente (neutros de trafos).

Otra aplicacion tipica de los reles direccionales de tierra, es cuando estamos a neutro aislado y tenemos salidas con corrientes homopolares capacitivas propias relativamente altas con respecto a la corriente homopolar capacitiva del conjunto del sistema.
En sistemas aislados, los reles 51N deben estar ajustados por encima de su corriente capacitiva propia (para que no disparen en caso de fallo en una salida vecina), y por debajo de la corriente capacitiva Total del sistema menos la suya.

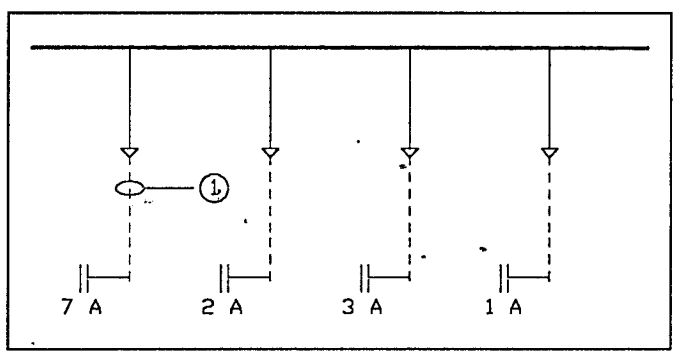


1° Condicion : Si hay un fallo en **A** el rele **1** NO debe disparar. Como contribuye al fallo con 2 A. el rele 1 debera ajustarse por encima de 2 A. (por ejemplo 3 A.)

2° Condicion : El rele **1** debe a su vez estar ajustado por debajo de 7+3+1+2-2 para que dispare en caso de fallo en **B**. Con lo cual con 3 A. el rele estaria perfectamene ajustado.

En caso de que no se puedan cumplir las 2 condiciones citadas entonces hay que poner un rele direccional de tierra para eliminar la condicion 1° (que esten ajustados por encima de su corriente capacitiva propia).

En el ejemplo siguiente, el rele **1** no podria cumplir las 2 condiciones, ya que deberia estar ajustado por encima de 7 A. y por debajo de 6 A. Cosa imposible !
Poniendo un direccional de tierra, la condicion 1 no debe cumplirse porque el rele nunca dispararia para fallos externos, con lo cual debe ajustarse a la condicion 2, es decir por debajo de 6 A. (un ajuste de 1 A. seria valido).

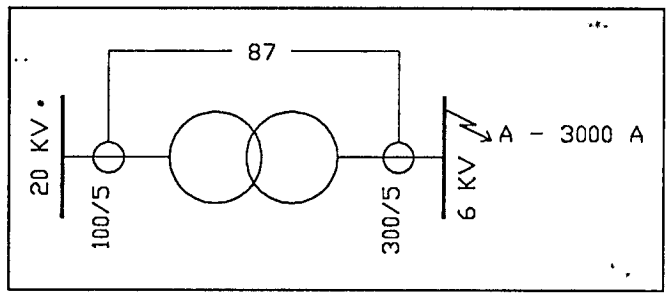


RELES DIFERENCIALES

PROTECCION DIFERENCIAL.

La proteccion diferencial consiste en comparar la intensidad entrante en un circuito con la saliente, si la diferencia es superior a un valor predeterminado el rele dispara.
La proteccion diferencial tiene la ventaja de no ser selectiva con nadie por lo cual el tiempo de actuacion es rapido.
Por otra parte, la proteccion diferencial debe ser insensible a las faltas externas, lo cual obliga a poner una retencion.
La retencion consiste en aumentar el umbral de disparo en funcion de la corriente travesante.

Tomemos el ejemplo siguiente sin retencion:



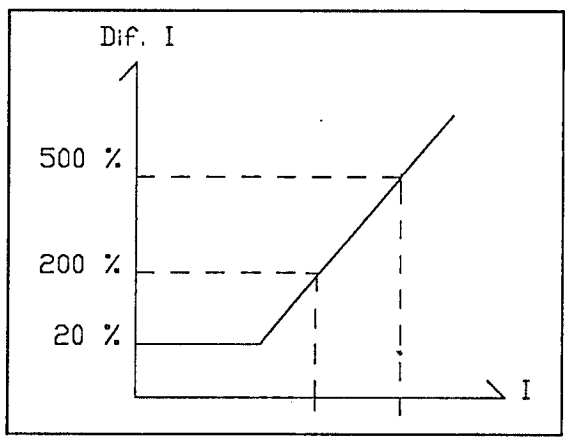
Cuando pasan 100 A. por 20 KV, pasaran 333 por 6 KV.
con lo cual el rele vera en condiciones normales

$\Delta I = 5 - 5{,}55 = 0{,}55$ A (11 % In).

con lo cual podriamos ajustar el rele al 20 % In.

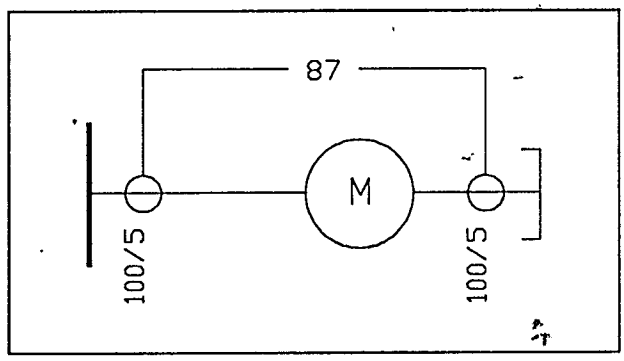
Pero si se produce un fallo en **A** (externo) de 10 In, entonces $\Delta I = 45 - 50 = 5$ A. (valor > 1 A.) (20%) y el rele dispararia, con lo cual habria que calcular el defecto maximo y ajustar el diferencial por encima de dicho defecto, lo cual nos obligaria a irnos a valores de ajustes muy altos.

Ahora el mismo ejemplo con retencion :



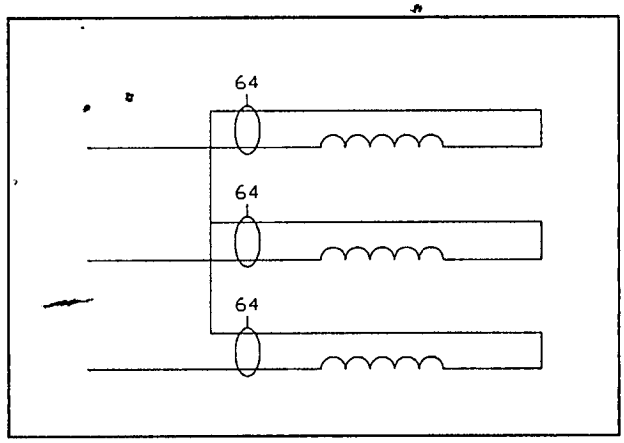
En este caso no hay problema con ajustar el rele al 20 % In, ya que para 10 In el umbral diferencial subiria al 200 % (10 A) y seria superior a $\Delta I = 45 - 50 = 5$ A.

PROTECCION DIFERENCIAL DE MAQUINAS ROTATIVAS.



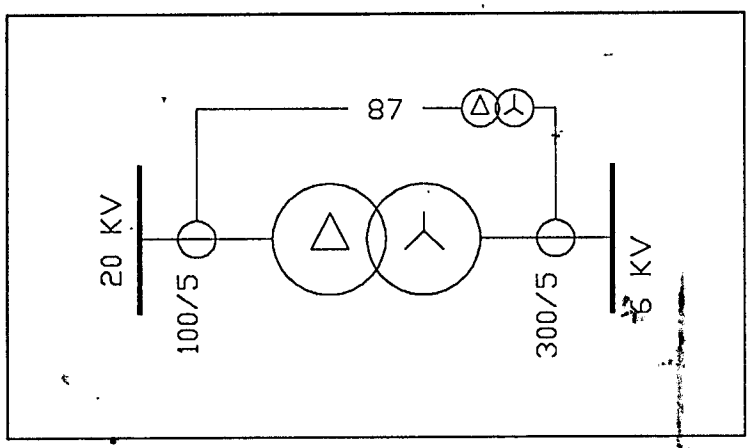
En este tipo de maquinas, al ser los 2 T.I. identicos, a priori no haria falta retencion, pero debido a los problemas de posibles saturaciones de los T.I. durante el arranque de los motores, o aportacion de las maquinas a faltas externas, es conveniente que dispongan de retencion

Proteccion diferencial por toroidales.



Si hacemos el montage de la figura anterior, entonces desaparecen los problemas de posibles saturaciones, y bastaria con poner reles de sobreintensidad clasicos muy sensibles. Este tipo de proteccion diferencial es la mas estable, pero en la practica es dificil de montar, ya que obliga a formar la estrella del neutro cerca de la salida del cable de alimentacion a la maquina.

PROTECCION DIFERENCIAL DE TRANSFORMADORES.



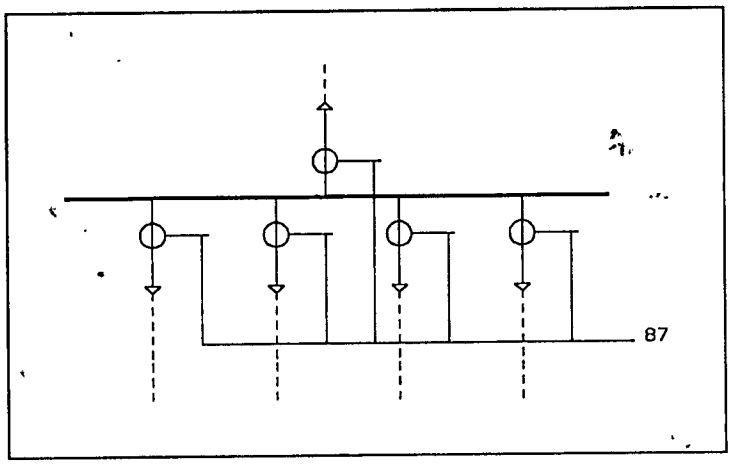
En la proteccion diferencial de trafos hay que tener cuidado con el tipo de conexion del trafo, ya que es necesario intercalar trafos de adaptacion para corregir los desfases entre primario y secundario.

Es importante a la hora de compensar los desfases, que al rele le llegen dos corrientes en triangulo de ambos lados, ya que de esta forma "borramos" las corrientes homopolares externas a la zona.

Los reles diferenciales de proteccion de transformadores, deben tener retencion, y ademas deben tener un filtro de armonico 2, para evitar el disparo del rele durante la conexion del trafo (corriente en un solo devanado).

PROTECCION DIFERENCIAL DE BARRAS DE ALTA IMPEDANCIA.

Este tipo de proteccion consiste en comparar las corrientes entrantes y salientes de una barra



Teoricamente todos los T.I. deben ser identicos (se desaconseja introducir T.I. correctores), y deben ser dedicados exclusivamente a esta proteccion.
Para evitar disparos intempestivos de la proteccion en caso de fallos externos a la zona protegida, por saturacion desigual de los T.I., se suele poner una resistencia de estabilizacion en la entrada del rele, cuyo valor es :

$$Rst = Vm/2Ir - VA/Ir^2$$

siendo VA el consumo del rele
siendo Vm la tension minima de codo de los T.I.

$$Vm = 2xIfx(Rs+Rp)$$

siendo Rs y Rp las resistencia del secundario del T.I. y del cableado respectivamente
siendo If la corriente maxima de falta.

El resultado de este valor de resistencia se obtiene simulando que un T.I. esta totalmente saturado y que los otros funcionan de forma ideal.

RELES A IMAGEN TERMICA

RELES A IMAGEN TERMICA.

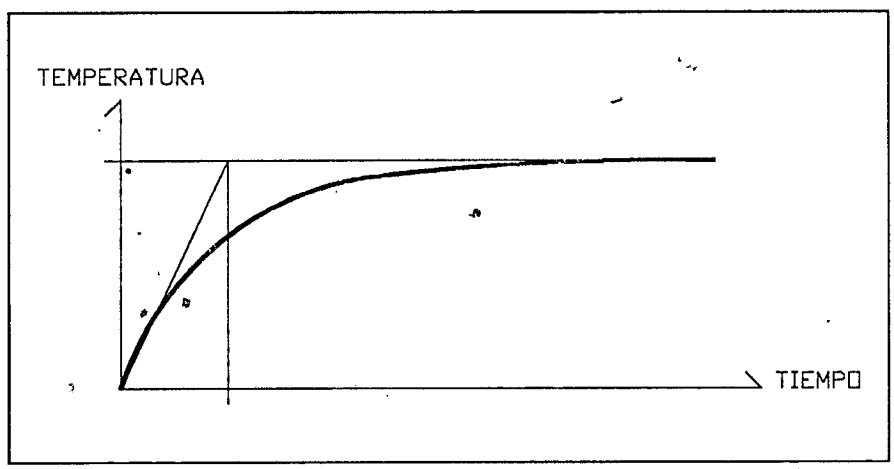
Son reles que protegen a las maquinas contra sobrecalentamientos anormales. Se denominan a imagen termica ya que no miden directamente la temperatura a traves de sondas, sino que calculan la temperatura equivalente en funcion de la intensidad circulante.
Para que el rele pueda calcular la evolucion de la temperatura de la maquina, es necesario indicarle la intensidad nominal, asi como la constante de calentamiento Tau, y la constante de enfriamiento.

Concepto de la constante de calentamiento Tau

La evolucion de la temperatura de las maquinas obedece a la ley siguiente :

$\theta - \theta i = (\theta m - \theta i).(1 - e(-t/Tau))$

donde θ es la temperatura en un instante t y θm la temperatura maxima que alcanza la maquina a su intensidad nominal. θi es la temperatura inicial de la maquina.



a 3 veces Tau la maquina alcanza una temperatura de $\theta = 0{,}95.\theta m$
es decir a 3 Tau la maquina alcanza el 95 % de su temperatura nominal.
La temperatura maxima θm evoluciona con el cuadrado de I, es decir que $\theta m = f(I^2)$
Por lo cual una maquina que partiendo del estado frio se le someta a una intensidad de 2 In, alcanza una temperatura final de $2^2.\theta m = 4.\theta m$, o sea el 400 % de Úm.

Ejemplo :
Sea una maquina con un Tau=12 minutos
Inyectamos una corriente I=2.In, calcular el tiempo de disparo del rele, suponiendo que este dispara al 114 % θm.

$\theta = \theta Úm.2^2.(1 - e(-t/Tau)$ $\quad \theta = 114$. $\theta m = 100$
$t = -Tau.\ln(1 - \theta/\theta m.2^2)$
t = 241 secundos.

El mismo ejemplo partiendo de un estado inicial θi = 100

θ-θi=(θm²-θi).(1-e(-t/Tau))

t = 35 s

Los reles de imagen termica, evolucionan su temperatura de la misma forma que las maquinas, por lo cual es muy importante definir la constante de calentamiento Tau. El valor de disparo suele estar en torno al 114 % de θm lo cual lo situa por debajo de las temperaturas de emergencia de las maquinas.

La proteccion de imagen termica se utiliza principalmente en motores y en cables.
La gran ventaja de este tipo de proteccion en cables, es que permite un mayor aprovechamiento del mismo sin peligro de dañarlo.

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES.

PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS.

La proteccion contra cortocircuitos, tanto internos como externos se efectua mediante reles de sobreintensidad. El instantanteo de este rele debe ajustarse por encima de la intensidad del corto del secundario, para ser selectivo con las protecciones de aguas abajo.
Hay que comprobar que el rele este por debajo del limite termico del transformador, y por encima de la corriente de magnetizacion del transformador.
Esta proteccion se cumplimenta con la proteccion Buccholz, y con una proteccion diferencial para fallos internos.

PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS.

La proteccion basica contra sobrecargas es el termometro de temperatura, que mediante sondas situadas en los arrollamientos detectan los aumentos de temperatura. Estos reles suelen mandar a disparo a partir de 60° C por encima de la temperatura ambiente, es decir a 100° C.
En trafos grandes se puede añadir una proteccion de imagen termica como proteccion de respaldo al termometro.
Por otra parte los reles de proteccion de fases, tambien ven sobrecargas, pero solamente disparan en caso de que sean violentas, por eso se suelen ajustar entre un 120 a un 140 % de la intensidad del trafo.

PROTECCION CONTRA DEFECTOS A LA TIERRA.

Los grupos de conexiones de los transformadores impiden normalmente el paso de la corriente homopolar entre un devanado y otro, con lo cual en la mayoria de los casos no debe existir una selectividad entre los reles homopolares del primario y del secundario (salvo en trafos Yn yn 0).
La proteccion primaria de los trafos se efectuara por medio de reles homopolares conectados en conexion residual o con toroidales. Hay que tener cuidado a la hora de ajustar el instantaneo homopolar, ya que pueden provocar disparos intempestivos durante la conexion del trafo debido a la satuaracion de los T.I. por las fuertes corrientes de magnetizacion.
Los reles de tierra del secundario, normalmente situados en la estrella del trafo, deben ser selectivos con las protecciones homopolares de aguas abajo.
La proteccion de cuva, detecta fallos internos a la masa del trafo. Esta proteccion tiene que estar ligeramente temporizada para evitar disparos intempestivos del rele por corrientes vagabundas. Esto se debe a que normalmente el trafo esta mal aislado del suelo.

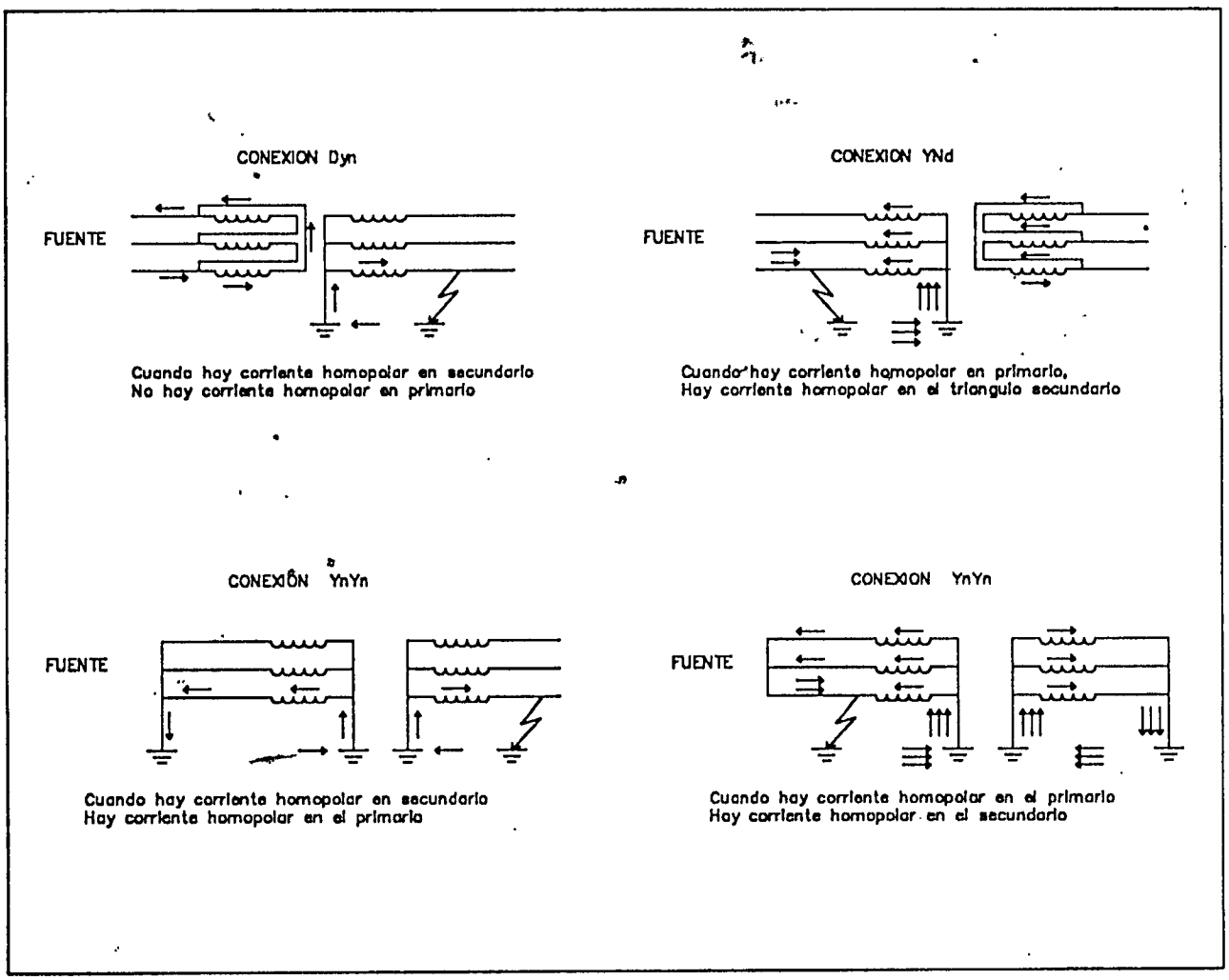
CORRIENTE DE MAGNETIZACION DE LOS TRANSFORMADORES

TIPOS	POTENCIA (KVA)	CONEXION POR ALTA TENSION		CONEXION POR BAJA TENSION	
		Îmag/In	T (milisegundos)	Îmag/In	T (milisegundos)
SUMERGIDO	50	15	100	30	70
	1000	10	350	20	200
	2000	8	450	16	300
SECO	50	23	13	33	15
	500	18	5	30	6.5

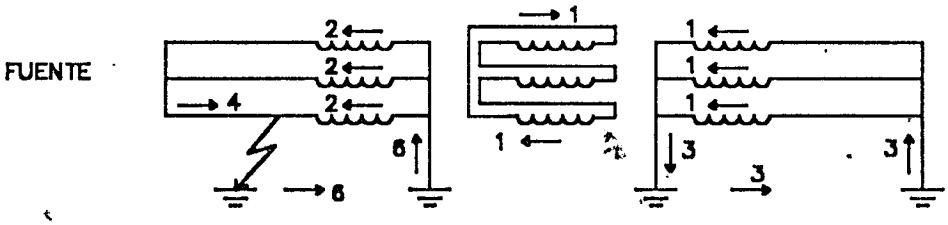
POTENCIA (KVA) = Potencia Nominal del Transformador en KVA.
Imag/In = Corriente magnetizzacion maxima en veces de In.
T (milisegundos) = Tiempo de la magnetizacion en milisegundos.
In = Intensidad nominal del Transformador.

DISTRIBUCION CORRIENTES HOMOPOLARES EN TRAFOS.

Es interesante ver la distribucion de las corrientes homopolares en transformadores segun los distintos tipos de conexion.

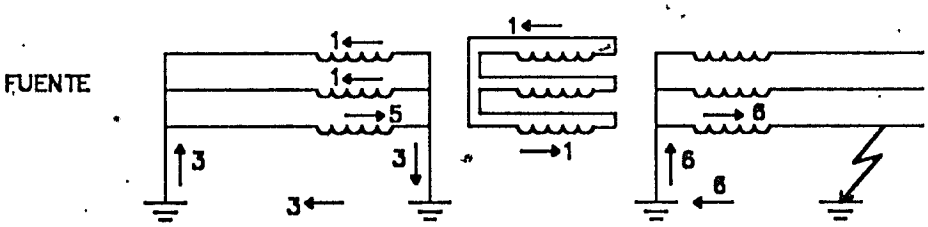


CONEXION YnDyn



Cuando hay corriente homopolar en el Primario
Hay corriente homopolar en el secundario y en el triangulo de compensacion

CONEXION YnDyn



Cuando hay corriente homopolar en el secundario
Hay corriente homopolar en primario, y en el triangulo de compensacion

PROTECCION DE CABLES

PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS.

La proteccion de los cables contra sobrecargas, debe efectuarse mediante reles a imagen termica, ya que los reles de sobreintensidad temporizados, nos limitarian las posibilidades de sobrecargas pasajeras.

PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS ENTRE FASES.

La proteccion contra cortocircuitos, se realiza mediante reles de sobreintensidad. Estos reles normalmente no llevan instantaneo, para poder coordinar con aguas abajo.
Hay que comprobar que el rele este por debajo del limite termico de 1 cable. Por ejemplo si tenemos un cable de 6x(3x240 mm²) hay que estar por debajo del limite termico de 3x240 mm², ya que el defecto puede producirse a principio del cable.
En caso de que por selectividad no se pudiese poner por debajo del limite termico de 1 cable, entonces habria que poner una proteccion diferencial de hilos pilotos, y comprobar que el rele este por debajo del limite termico de **todos** los cables, para protegernos al cable en caso de fallo externo (no cubierto por la diferencial).

PROTECCION CONTRA FALLOS A LA TIERRA.

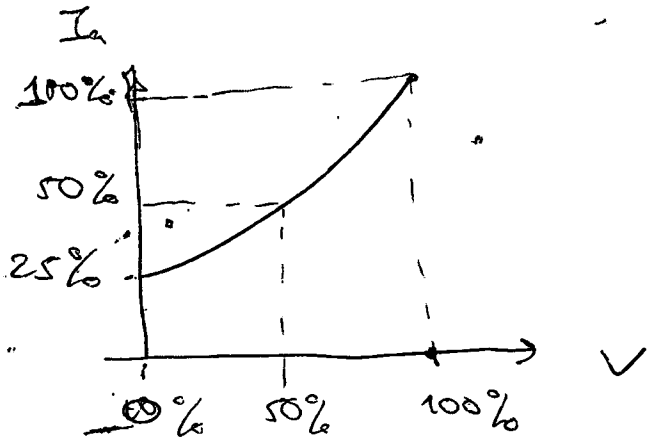
La proteccion contra fallos a la tierra se realiza mediante reles homopolares temporizados, que coordinan con las protecciones de tierra de aguas abajo.
Hay que comprobar que el rele este por debajo del limite termico de la pantalla del cable. Tambien se pueden montar protecciones diferenciales de cables con toroidales.

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION DE GENERADORES.

PROTECCION CONTRA FALLOS ENTRE FASES.

La proteccion contra fallos internos del generador, debe asegurarse en lo posible por un rele de proteccion diferencial.
En caso de fallo externo, los reles de sobreintensidad clasica pueden dar problemas a la hora de proteger al generador contra sobreintensidades.
En efecto, en el momento del cortocircuito la corriente del generador decrece rapidamente desde unos valores subtransitorios hasta unos valores permanentes, pasando por el periodo transitorio. Si bien la corriente subtransitoria es muy elevada (5 a 10 In), la corriente permanente de cortocircuito puede llegar a ser inferior a la nominal de la maquina. Como los reles de sobreintensidad que esten en el alternador deberan estar temporizados para poder coordinar con las protecciones de aguas abajo, solamente veran las corrientes permantentes. Con lo cual la solucion idonea para poder proteger a los alternadores en estos casos, es poner reles de sobreintensidad frenados por tension. Estos reles desplazan su curva en funcion de la tension, tal como puede observarse en las curvas siguientes. De esta forma se pueden detectar los cortocircuitos ya que la tension en barras disminuira y el rele desplazara su curva.



en cortocircuito la corriente de actuación se reduce al 25% del valor de ajuste a tensión nominal.

PROTECCION CONTRA DESEQUILIBRIOS.

Tal como hemos visto en la teoria de las componentes simetricas, los desequilibrios producen corrientes de naturaleza inversa, que calientan anormalmente las maquinas.
Para proteger los generadores contra este tipo de fallo, conviene poner reles de corriente inversa que sigan una ley del tipo $(Ii/In)^2 = K$, siendo K la constante K de ajuste del rele inferior a la constante K de la maquina. En la tabla siguiente se indican valores tipicos de K segun C.E.I. 34-1.

PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS.

La proteccion contra sobrecargas se efectua mediante sondas de temperatura, o por medio de un rele de imagen termica. En grandes unidades conviene poner los 2 tipos de proteccion.

PROTECCION CONTRA RETORNO DE POTENCIA.

La proteccion contra retorno de potencia, o anti-motorizacion, detecta una inversion del sentido de la potencia activa. Este cambio de sentido indica que el alternador esta funcionando como motor, y esta arrastrando a la maquina de propulsion primaria (turbina de gas, de vapor, hidraulica, motor diesel, etc.). Esta motorizacion es sintoma de un fallo en el sistema de propulsion y puede producir grandes daños a la maquina arrastrada. Este retorno de potencia puede variar desde unos 5 % en turbinas de vapor hasta un 25 % en motores diesel.

PROTECCION CONTRA LAS VARIACIONES DE FRECUENCIA.

En los alternadores de gran potencia, es necesario disponer de reles de maxima y minima frecuencia, sobre todo para detectar sobrevelocidad en el momento de aislarse de la red (funcionamiento en isla).

PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES.

Cuando se separa toda o parte de la carga del generador, la tension en bornas sube bruscamente hasta asemejarse a la fuerza electromotriz interna. Normalmente el regulador de tension actua y hace bajar la tension, pero es necesario poner una proteccion de maxima tension, ya que las sobretensiones producen un envejecimiento prematuro de las maquinas, e forma exponencial.

PROTECCION CONTRA FALLOS A LA TIERRA.

Para detectar fallos a la tierra del estator, se utilizan reles homopolares que se pueden conectar bien en conexion residual de los 3 T.I. o con un toroidal, dependiendo del valor de la corriente homopolar.
Hay que tener presente que el alternador puede tener su neutro puesto a tierra, el cual debera tener un rele ajustado por encima de las demas protecciones homopolares de la red. En caso de que haya varios puntos puestos a tierra en paralelo con el alternador, es necesario disponer de un rele hompolar insensibilizado al armonico 3.

PROTECCION CONTRA LA PERDIDA DE EXCITACION.

La perdida de excitacion en el alternador lo convierte en un generador asincrono, que absorbe la potencia reactiva de la red. Una perdida de excitacion debe detectarse, aunque no se necesite un disparo instantaneo (tiempo de varios segundos). Para detectar la perdida de excitacion, se pueden emplear varios metodos.
- Por retorno de potencia reactiva (inductiva)
- Por minima tension continua en la exitacion.
- Por un rele de impedancia, que tiene una caracteristica circular en un diagrama R-X. Estos reles suelen ser los mas empleados, y deben temporizarse para quedar insensibles a las

variaciones de impedancia transitorias que se producen durante la eliminacion del cortocircuito.

RELES DE CONTROL DE AISLAMIENTO DEL ROTOR.

Estos reles tienen por finalidad detectar la perdida de aislamiento entre el rotor y tierra. Para ello, se inyecta una corriente continua entre el rotor y masa. Tambien se pueden inyectar corrientes alternas de baja frecuencia.

RELES DE AUTORIZACION DE SINCRONISMO.

Para poder acoplar un alternador a la red, es necesario que ambas fuertes esten sincronizadas. Los reles de sincronismo comprueban que la diferencia de modulo, angulo y frecuencia de las 2 fuentes sea inferior a un valor prefijado.

22. Déséquilibre de courant des machines synchrones

Sauf spécification contraire, les machines synchrones triphasées doivent être capables de fonctionner en permanence sur un réseau dissymétrique tel que, aucun des courants de phase ne dépassant le courant assigné, le rapport de la composante inverse du système de courants (I_2) au courant assigné (I_N) ne dépasse pas les valeurs du tableau VII, et de fonctionner, en cas de défaut à des valeurs du produit $(I_2/I_N)^2$ et du temps en secondes (t) ne dépassant pas les valeurs du tableau VII.

TABLEAU VII

Conditions de fonctionnement déséquilibrées pour les machines synchrones

Point n°	Type de machine	Maximum I_2/I_N pour fonctionnement permanent	Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ pour fonctionnement en régime de défaut
	Machines à pôle saillant		
1	A refroidissement indirect		
	moteurs	0,1	20
	génératrices	0,08	20
	compensateurs synchrones	0,1	20
2	A refroidissement direct (refroidissement interne) au stator et/ou à l'excitation		
	moteurs	0,08	15
	génératrices	0,05	15
	compensateurs synchrones	0,08	15
	Machines synchrones à rotor lisse		
3	A refroidissement indirect		
	à air	0,1	15
	à l'hydrogène	0,1	10
4	A refroidissement direct (refroidissement interne) au rotor		
	⩽ 350 MVA	0,08	8
	> 350 ⩽ 900 MVA	*	**
	> 900 ⩽ 1 250 MVA	*	5
	> 1 250 ⩽ 1 600 MVA	0,05	5

* Pour ces machines, la valeur I_2/I_N est calculée comme suit:

$$I_2/I_N = 0{,}08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

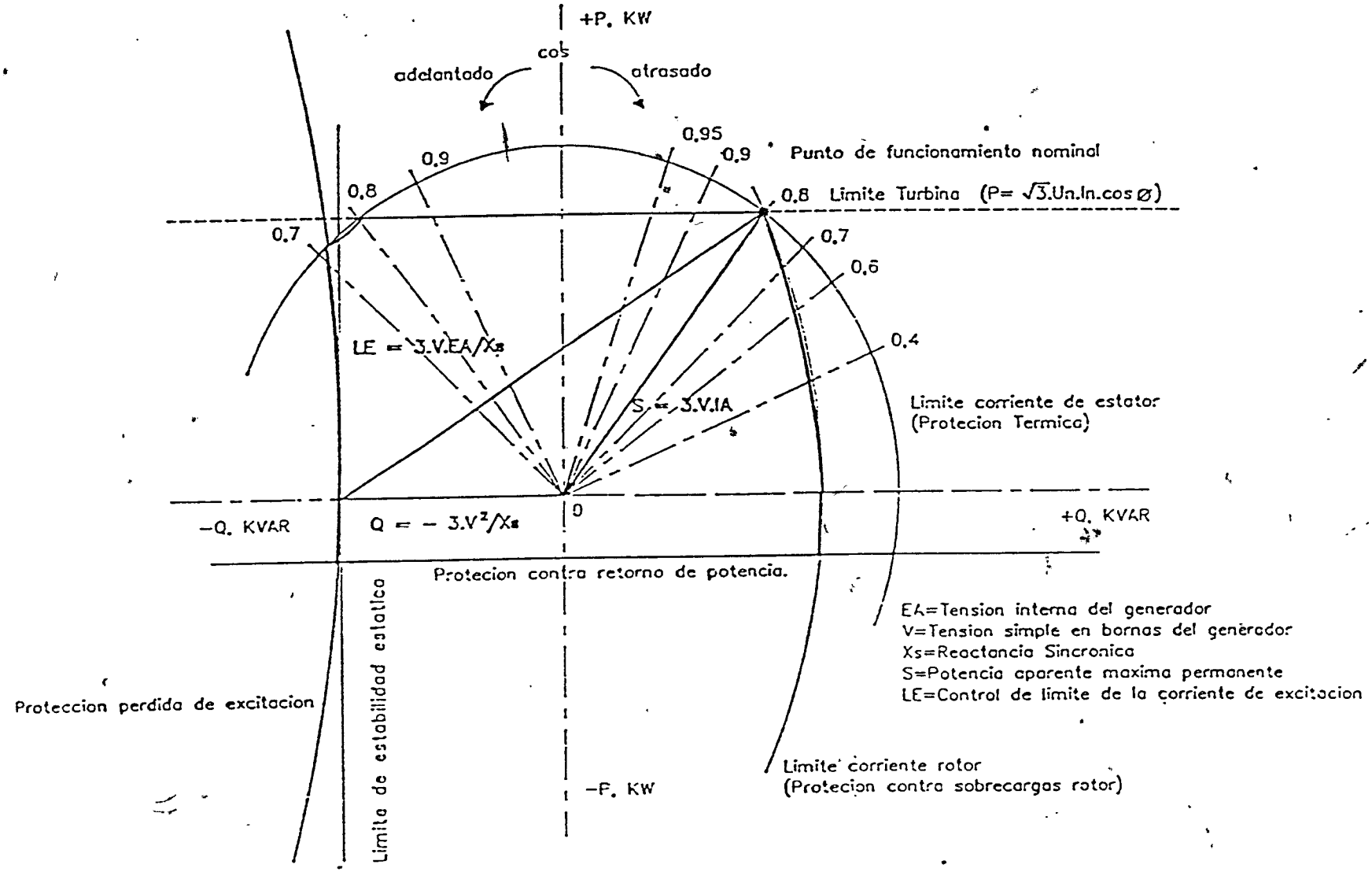
** Pour ces machines, la valeur $(I_2/I_N)^2 t$ est calculée comme suit:

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0{,}005\,45\,(S_N - 350)$$

où S_N est la puissance apparente assignée en mégavoltampères.

23. Courant de court-circuit

Sauf spécification contraire, la valeur de crête du courant de court-circuit des machines synchrones, et des turbo-machines non couvertes par la Publication 34-3 de la C E I, dans le cas de court-circuit sur toutes les phases en fonctionnement sous la tension assignée, ne doit pas dépasser 15 fois la valeur de crête ou 21 fois la valeur efficace du courant assigné.



Protecciones y Caracteristicas de capacidad de un generador de polos lisos.

SOLUCION DISPAROS INTEMPESTIVOS DE RELÉS

4.- SOLUCION DISPAROS INTEMPESTIVOS DE RELES DE PROTECCION.

Suponiendo que exista una correcta selectividad en la instalacion, vamos a analizar los casos mas comunes de disparos intempestivos de reles de proteccion.

4.1.- PROTECCION DE TRAFOS.

4.1.1.- PROTECCION DE FASES.

Si existe un disparo del rele instantaneo de sobreintensidad situado en el primario del trafo durante la conexion del transformador, se debe probablemente a que la corriente de magnetizacion es mas importante que la supuesta, y mas importante que la corriente maxima de cortocircuito en el secundario. En este caso basta con subir el valor del instantaneo y rehacer el estudio de selectividad.

4.1.2.- PROTECCION DE TIERRA.

Si existe un disparo del rele instantaneo homopolar situado en el primario del trafo durante la conexion del transformador, el problema se debe a saturaciones de los T.C. En este caso hay que subir el instantaneo homopolar o incluso anularlo. Otra solucion seria efectuar la proteccion homopolar con un toroidal en vez de 3 T.C.

4.1.3.- PROTECCION DIFERENCIAL.

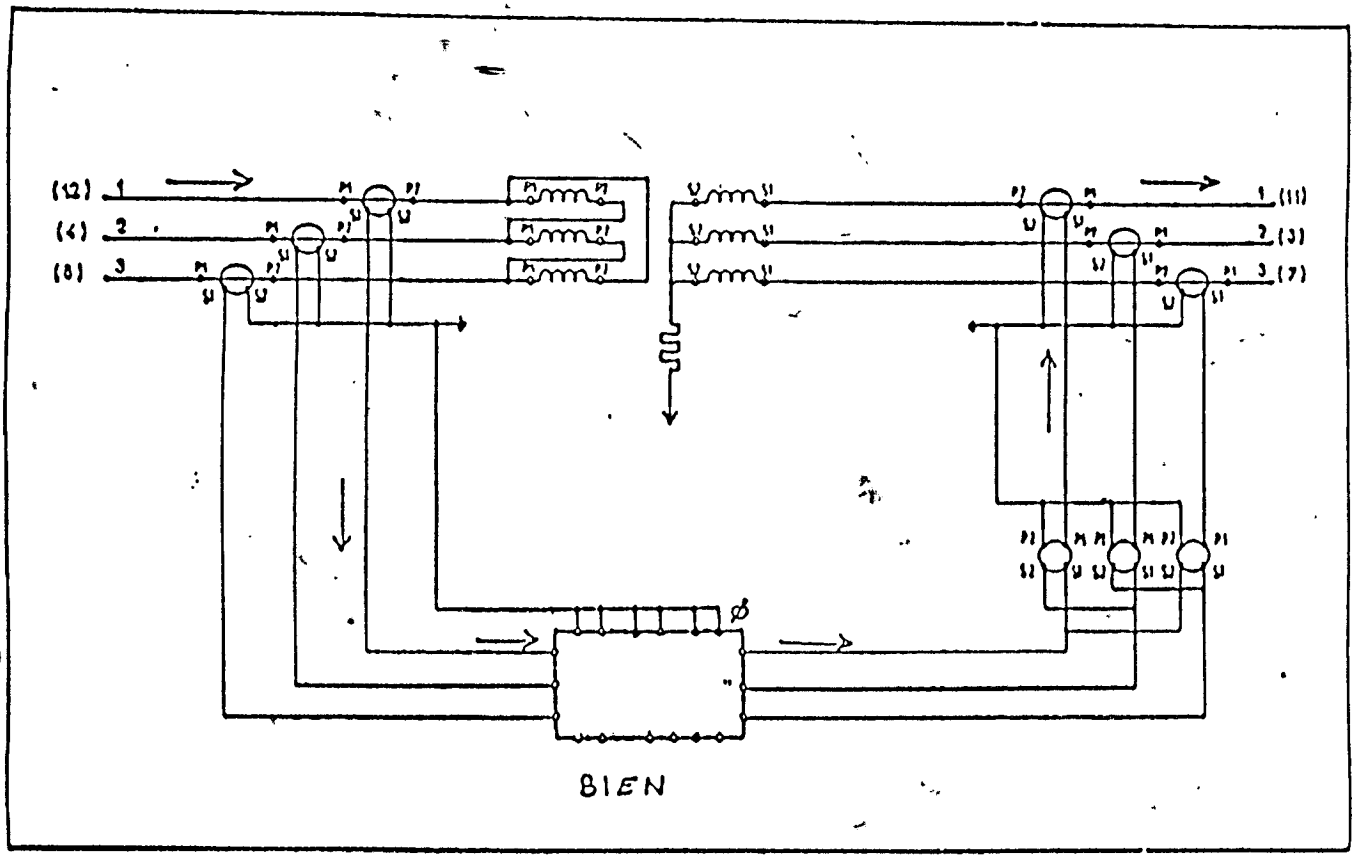
Cuando una proteccion diferencial esta mal cableada, normalmente no suele disparar durante la conexion del trafo debido a los filtros de armonico 2. Esta proteccion suele disparar en cuanto se le pone carga al transformador (por ejemplo arranque de un motor importante).

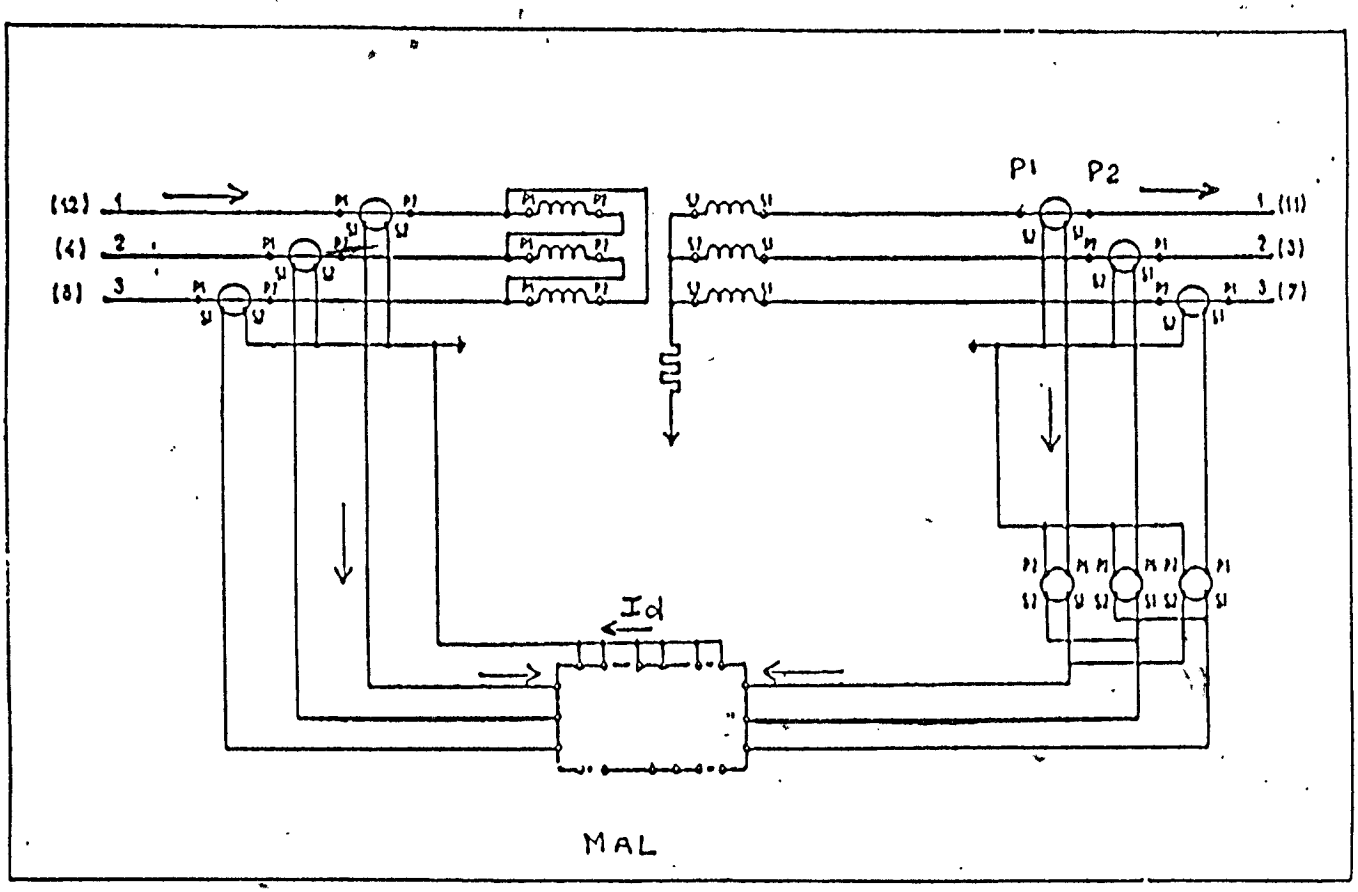
Lo primero que hay que chequear es el conexionado de los T.C. intercalarios o correctores, verificando que estan cableados conforme lo indicado por el fabricante. Despues hay que comprobar los puntos siguientes :

Error de polaridad

El error de polaridad suele ser el mas comun en los reles diferenciales. Consiste en haber invertido los P1,P2 o S1,S2 de un grupo de T.C.

A continuacion vemos 2 casos, uno donde el rele esta bien, y otro con error de polaridad en las 3 fases.


(12) 1
(4) 2
(8) 3
1 (11)
2 (3)
3 (7)
Ø
BIEN


P1 P2
(12) 1
(4) 2
(8) 3
1 (11)
2 (3)
3 (7)
Id
MAL

Cuando existe un error de polaridad, las corrientes se suman en el rele en vez de restarse, y el rele dispara a la mitad de su umbral.

Por ejemplo en el caso anterior, si suponemos el rele ajustado al 20 % de In, cuando pase una intensidad del 10 % In (20% / 2) por el transformador el rele disparara.

Error de angulo

Los errores de angulos son mas dificiles de detectar ya que hay que hacer composiciones vectoriales para averiguar el tipo de fallo. Por ejemplo si cruzamos la fase R por la fase S en los T.C. del primario del trafo, entonces el rele disparara cuando pase una corriente de 20% / $\sqrt{3}$ = 11,5 % In por el transformador.

Lo ideal es tener un fasimetro y comparar las distintas corrientes entrantes al rele.

4.2.- PROTECCION DE MOTORES.

4.2.1.- DISPAROS HOMOPOLARES.

Si la unidad homopolar del rele esta conectada en conexion residual de los 3 T.C., y el rele dispara durante el arranque del motor, el problema radica en la saturacion de los T.C. por componentes continuas. Para solucionar el problema, bastara bien con temporizar la entrada homopolar del rele durante el arranque, pero esta solucion genera problemas de selectividad, bien en poner en serie con la entrada homopolar del rele una resistencia de un valor aproximado de 5 Ohmios.

La solucion ideal consiste en poner un toroidal que englobe las 3 fases del motor.

DISPAROS HOMOPOLARES CON TOROIDAL.

En caso de tener disparos homopolares con toroidales de forma intempestiva, hay que verificar que la malla del cable vuelva a pasar por el toroidal, y que dicha malla no toque tierra durante el recorrido de retorno (que no toque el cuadro electrico por ejemplo).

4.2.2.- DISPAROS POR COMPONENTE INVERSA.

Los disparos intempestivos por componente inversa o desequilibrios durante el arranque del motor, son debidos principalmente a un error de cableado. Para solucionar el error hay que verificar la polaridad de los T.C. y a continuacion cambiar una fase por otra en la entrada del rele.

Si el problema persiste entonces puede deberse a una saturacion de los T.C. En este caso hay que consultar con el fabricante del rele para ver la posibilidad de temporizar la unidad inversa durante el arranque, o bien cambiar los T.C. por otros de mayor calidad.

4.2.3.- DISPAROS POR PROTECCION DIFERENCIAL

Los disparos intempestivos de protecciones diferenciales de motores se deben principalmente a :

- Error de polaridad de los T.C.
- Error de angulos. Este tipo de error se debe a una asimetria entre los T.C. de entrada y de salida al motor.

Si el cableado fuese correcto y el disparo siguiese, entonces habria que enfocar el problema hacia una saturacion de los T.C. En dicho caso habria que aumentar el valor de la retencion del rele, o añadir unas resistencias estabilizadoras en la entrada del rele, cuyos valores serian suministrados por el fabricante de la proteccion.

FUNCIONES SEGUN NORMA ANSI

FUNCION Y DESCRIPCION

1 ELEMENTO PRINCIPAL: Es el dispositivo de iniciación, tal como el interruptor de control, relé de tensión, interruptor de flotador, etc., que sirve para poner el aparato en operación o fuera de servicio bien directamente o a través de dispositivos, tales como relés de protección con retraso de tiempo.

2 RELE DE CIERRE O ARRANQUE CON RETRASO DE TIEMPO: es el que da el retraso de tiempo deseado entre operaciones de una secuencia automática o de un sistema de protección, excepto cuando es proporcionado especificamente por los dispositivos 62 y 79 descritos más adelante.

3 RELE DE COMPARACION O DE BLOQUEO: es el que opera en respuesta a la posición de un número de otros dispositivos, o a un número de condiciones predeterminadas, en un equipo para permitir que continue su operación, para que pare, o para proporcionar una prueba de la posición de estos dispositivos o de estas condiciones para cualquier fin.

4 CONTACTO PRINCIPAL: es un dispositivo generalmente mandado por el dispositivo N° 1 o su equivalente y los dispositivos de permiso y protección necesarios, y que sirven para cerra y, abrir los circuitos de control necesarios para poner un equipo en marcha, bajo las condiciones deseadas o quitarlo fuera de servicio bajo otras condiciones anormales.

5 DISPOSITIVO DE PARADA: es aquel cuya función primaria es quitar y mantener un equipo fuera de servicio.

6 INTERRUPTOR DE ARRANQUE: es un dispositivo cuya función principal es conectar la máquina a su fuente de tensión de arranque.

7 INTERRUPTOR DE ANODO: es el utilizado en los circuitos del anado de un rectificador de potencia, principalmente para interrumpir el circuito del rectificador por retorno del encendido del arco.

8 DISPOSITIVOS DE DESCONEXION DE ENERGIA DE CONTROL: es un dispositivo de desconexión tal como un conmutador de cuchilla, interruptor o bloque de fusible extraibles, que se utiliza con el fin de conectar y desconectar, respectivamente, la fuente de energía de control hacia y desde la barra o equipo de control.

NOTA.- Se considera que la energía de control incluye a la energía auxiliar que alimenta aparatos pequeños como motores y calefactores.

9 DISPOSITIVO DE INVERSION: es el que se utiliza para invertir las conexiones del campo de una máquina o bien para otras funciones especiales de inversión.

10 CONMUTADOR DE SECUENCIA: es el que se utiliza para cambiar la secuencia de conectar o desconectar unidades en un equipo de unidades múltiples.

11 Reservado para futuras aplicaciones.

12 DISPOSITIVODE EXCESO DE VELOCIDAD: es normalmente un conmutador de velocidad de conexión directa que acciona cuando la máquina se embala.

13 DISPOSITIVO DE VELOCIDAD SINCRONA: es el que funciona con aproximadamente la velocidad sincrona normal de una máquina, tal como un conmutador de velocidad centrifuga, relés de frecuencia de deslizamiento, relé de tensión, relé de intensidad mínima o cualquier tipo de dispositivo que accione con aproximadamente la velocidad normal de la máquina.

14 DISPOSITIVO DE FALTA DE VELOCIDAD: es el que funciona cuando la velocidad de la máquina cae por debajo de un valor predeterminado.

15 DISPOSITIVO REGULADOR DE VELOCIDAD: es el que funciona para mantener la velocidad o frecuencia de una máquinao sistema a un cierto valor, o bien entre ciertos límites.

16 Reservado para futuras aplicaciones.

17 CONMUTADOR PARA PUENTEAR EL CAMPO SERIE: sirve para abrir y cerrar un circuito en shunt entre los extremos de cualquier pieza o aparato (excepto una resistencia) tal como el campo de una máquina, un condensador o una reactancia.

NOTA.- Esto excluye los dispositivos que realizan las funciones de shunt necesarias para arrancar una máquina por los dispositivos 6 o
42, o su equivalente, y también excluye la función del dispositivo 73 que sirve para la operación de las resistencias.

18 DISPOSITIVO DE ACELERAR O DECELERAR: es el que se utiliza para cerrar o hacer cerrar los circuitos que se utilizan para aumentar o diminuir la velocidad de una máquina.

19 CONTACTO DE TRANSICION DE ARRANQUE A MARCHA NORMAL: acciona para hacer la transferencia de las conexiones de mentación de arranque a las de marcha normal de la máquina.

20 VALVULA MANIOBRADA ELECTRICAMENTE: es una valvula accionada por solenoide o motor que utiliza en circuitos de vacio, aire, gas,aceite, agua o similares.

NOTA.- La función de la válvula puede ser indicada mediante la inserción de palabras descriptivas añadidas al nombre de la función principal, tales como "Freno" o "Reducción de Presión".
Ej.: "Valvula de Freno Maniobrada Electricamente".

21 RELE DE DISTANCIA: es el que funciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia del circuito aumenta o disminuye a unos limites anteriormente fijados.

22 INTERRUPTOR IGUALADOR: sirve para conectar y desconectar las conexiones igualadoras o de equilibrio de intensidad para los reguladores del campo de la máquna o de tensión de la máquina en una instalación de unidades multiples.

23 DISPOSITIVO REGULADOR DE TEMPERATURA:es el que funciona para mantener la temperatura de la máquina u otros aparatos dentro de ciertos límites.

NOTA.- Un ejemplo es el termostato que enciende un calentator en un conjunto de aparellaje, cuando la temperatura desciende a un valor deseado que se distingue por medio de un dispositivo usado para proporcionar regulación de temperatura automática entre límites próximos, y que sería designado como 90T.

24 Reservado para futuras aplicaciones.

25 DISPOSITIVOS DE SINCRONIZACION O PUESTA EN PARALELO: es el que funciona cuando dos circuitos de alterna están dentro de los límites deseados de tensión, frecuencia o ángulo de fase, lo cual permite o causa la puesta en paralelo de estos dos circuitos.

26 DISPOSITIVO TERMICO: es el que funciona cuando la temperatura del campo en shunt o el bobinado amortiguador de una máquina, o el de una resistencia de limitación de carga o de cambio de carga, o en un líquido u otro medio, excede de un valor determinado con anterioridad o si la temperatura del aparato protegido, tal como un rectificador de energía, o de cualquier otro medio, cae más abajo de un valor fijado con antelación.

27 RELE DE BAJA TENSIÓN: es el que funciona con un valor dado de tensión mínima.

28 Reservado para futuras aplicaciones.

29 CONTACTOR DE AISLAMIENTO: es el que se utiliza con el propósito especial de desconectar un circuito de otro, por razones de maniobra de emergencia, conservación o prueba.

30 RELE ANUNCIADOR: es un dispositivo de reposición no automática que da un número de indicaciones visuales independientes al accionar el dispositivo de protección y además también puede estar dispuesto para efectuar la función de enclavamiento.

31 DISPOSITIVO DE EXCITACION SEPARADA: es el que conecta un circuito tal como el campo shunt de una conmutatriz, a fuente de excitación separada durante el proceso de arranque o bien se utiliza para energizar la excitación y circuito de encendido de un rectificador.

32 RELE DIRECCIONAL DE POTENCIA: es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada, o sobre la potencia invertida resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia.

33 CONMUTADOR DE POSICION: es el que hace o abre contacto, cuando el dispositivo principal o parte del aparato que no tiene número funcional de dispositivo alcanza una posición dada.

34 CONMUTADOR DE SECUENCIA MOVIDO A MOTOR: es un conmutador de contactos multiples el cual fija la secuencia de operación de los dispositos principales durante el arranque y la parada, o durante otras operaciones que requieran una secuencia.

35 DISPOSITIVOS DE CORTOCIRCUITAR LAS ESCOBILLAS O ANILLOS RODANTES: es para elevar, bajar o desviar las escobillas de una máquina o para cortocircuitar los anillos rodantes.

36 DISPOSITIVO DE POLARIDAD: es el que acciona o permite accionar otros dispositivos con una polaridad dada solamente.

37 RELE DE BAJA INTENSIDAD O BAJA POTENCIA: es el que funciona cuando la intensidad o la potencia caen por debajo de un valor predeterminado.

38 DISPOSITIVO TERMICO DE COJINETES: es el que funciona con la temperatura excesiva de los cojinetes.

39 Reservado para futuras aplicaciones.

40 RELE DE CAMPO: es el que funciona por un valor dado, anormalmente bajo, por fallo de la intensidad de campo de la máquina, o por un valor excesivo de la componente reactiva de la corriente de armadura en una máquina de corriente alterna, que indica excitación del campo anormalmente baja.

41 INTERRUPTOR DE CAMPO: es un dispositivo que funciona para aplicar o quitar la excitación de campo de la máquina.

42 INTERRUPTOR DE MARCHA: es un dispositivo cuya función principal es la de conectar la máquina a su fuente de tensión de funcionamiento en marcha, despues de haber sido llevada hasta la velocidad deseada en la conexión de arranque.

43 DISPOSITIVO DE TRANSFERENCIA: es un dispositivo, accionado a mano, que efectua la transferencia de los circuitos de control para modificar el proceso de operación del equipo de conexión de los circuitos o de algunos de los dispositivos.

44 RELE DE SEUENCIA DE ARRANQUE DEL GRUPO: es el que funciona para arrancar la unidad proxima disponible en un equipo de unidades múltiples cuando falla o no está disponible la unidad que normalmente le precede.

45 Reservado para futuras aplicaciones.

46 RELE DE INTENSIDAD PARA EQUILIBRIO O INVERSION DE FASE: es un relé que funciona cuando las intensidades polifasicas están en secuencia inversa o desequilibradas, o contienen componentes de secuencia negativa.

47 RELE DE TENSION PARA SECUENCIA DE FASE: Es el que funciona con un valor dado de tension polifasica de la secuencia de fase deseada

48 RELE DE SECUENCIA INCOMPLETA: Es el que vuelve el equipo a la posicion normal o desconectado y lo enclava si la secuencia normal de arranque, funcionamiento o paradá no se completa debidamente dentro de un intervalo predeterminado.

49 RELE TERMICO PARA MAQUINA, APARATO O TRANSFORMADOR: Es el que funciona cuando la temperatura de una maquina, aparato o transformador execede de un valor fijado

50 RELE INSTANTANEO DE SOBREINTENSIDAD Y VELOCIDAD DE AUMENTO DE INTENSIDAD: Es el que funciona instantaneamente con un valor excesivo de la intensidad o con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad indicando averia en el aparato o circuito que protege.

51 RELE DE SOBREINTENSIDAD DE TIEMPO DE C.A.: Es un rele con una caracteristica de tiempo inversa o definida que funciona cuando la intensidad en un circuito de c.a. sobrepasa un valor dado.

52 INTERRUPTOR DE C.A.: Es el que se usa para cerrar o interrumpir

un circuito de potencia de c.a. bajo condiciones normales, o para interrumpir este circuito bajo condiciones de falta o de emergencia

53 RELE DE EXCITATRIZ O DEL GENERADOR DE C.C.: Es el que fuerza al campo de la maquina de c.c. durante el arranque o funciona cuando la tension de la maquina ha llegado a un valor dado.

54 INTERRUPTOR DE ALTA VELOCIDAD DE C.C.: Es un interruptor que empieza a reducir la intensidad del circuito principal en 0,01 segundos o menos, despues que se presenta la sobreintensidad de c.c. o una excesiva velocidad de aumento de intensidad.

55 RELE DE FACTOR DE POTENCIA: Es el que funciona cuando el factor de potencia de un circuito de c.a. no llega o sobrepasa un valor dado.

56 RELE DE APLICACION DEL CAMPO: Es el que se utiliza para controlar automaticamente la aplicacion de la excitacion de campo de un motor de c.a. en un punto predeterminado en el ciclo de deslizamiento.

57 DISPOSITIVO DE CORTOCIRCUITO O DE PUESTA A TIERRA: Es el que opera por potencia o por energia almacenada y que funciona para cortocircuitar o poner a tierra un circuito, en respuesta a medios automaticos o manuales.

58 RELE DE FALLO DE ENCENDIDO DE UN RECTIFICADOR DE POTENCIA: Es el que funciona debido al fallo de uno o mas de los anodos del rectificador de potencia.

59 RELE DE SOBRETENSION: Es el que funciona con un valor dado de sobretension.

60 RELE DE EQUILIBRIO DE TENSION: Es un rele que opera con una diferencia de tension entre dos circuitos.

61 RELE DE EQUILIBRIO DE INTENSIDAD: Es el que funciona cuando existe una diferencia entre la intensidad de entrada o salida de dos circuitos.

62 RELE DE PARADA O APERTURA CON RETRASO DE TIEMPO: Es el que se utiliza en union con el dispositivo que inicia la parada total o la indicacion de parada o apertura en una secuencia automatica.

63 RELE DE PRESION, NIVEL O CAUDAL DEL FLUIDO: Es el que funciona con un valor dado de presion del fluido o gas o del caudal o nivel del fluido.

64 *RELE DE PROTECCION DE TIERRA: Es el que funciona con el*

fallo a tierra del aislamiento de una maquina, transformador u otros aparatos, o por contorneamiento de arco a tierra de una maquina de c.c.

NOTA:
Esta funcion se aplica solo a un rele que detecta el paso de corriente desde el armazon de una maquina, caja protectora o estructura de una pieza de aparatos a tierra. No se aplica a un dispositivo conectado en el circuito secundario o en el neutro secundario de un transformador o transformador de intensidad, conectados en el circuito de pótencia de un sistema puesto normalmente a tierra.

65 REGULADOR MECANICO: Es el equipo que controla la apertura de la compuerta o valvula de la maquina motora.

66 RELE DE MUESCAS: Es el que funciona para permitir un numero especificado de operaciones de un dispositivo dado o equipo, o bien un numero especificado de operaciones sucesivas con un intervalo dado de tiempo ente cada una de ellas. Tambien se utiliza para permitir el energizado periodico de un circuito, y la acceleracion gradual de una maquina.

67 RELE DIRECCIONAL DE SOBREINTENSIDAD DE C.A.: Es el que funciona con un valor deseado de circulacion de sobreintensidad de c.a. en una direccion dada.

68 RELE DE BLOQUEO: Es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una linea de transmision o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche en una condicion de fuera de fase o en oscilaciones de potencia.

69 DISPOSITIVO DE PERMISION DEL CONTROL: Es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite en una posicion, el cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posicion impide el accionamiento del interruptor o del equipo.

70 REOSTATO ACCIONADO ELECTRICAMENTE: Es el que se utiliza para variar la resistencia de un circuito en respuesta a algun metodo de control electrico.

71 Reservado para futuras aplicaciones.

72 INTERRUPTOR DE C.C.: Es el que se utiliza para cerrar o interrumpir el circuito de alimentacion de c.c. bajo condiciones normales o para interrumpir este circuito bajo condiciones de emergencia o falta.

73 CONTACTOR DE RESISTENCIA DE CARGA: Es el que se utiliza para puentear o meter en circuito un punto de la resistencia limitadora, de cambio o indicadora, o bien para poner un calentador en circuito, una luz, o una resistencia de carga de un rectificador de potencia u otra maquina.

74 RELE DE ALARMA: Es cualquier otro rele diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo n°30 que se utiliza para accionar u operar en union de una alarma visible o audible.

75 MECANISMO DE CAMBIO DE POSICION: Se utiliza para cambiar un interruptor desconectable en unidad entre las posiciones de conectado, desconectado o prueba.

76 RELE DE SOBREINTENSIDAD DE C.C.: Es el que funciona cuando la intensidad en un circuito de c.c. sobrepasa un valor dado.

77 TRANSMISOR DE IMPULSOS: Es el que se utiliza para generar o transmitir impulsos, a traves de un circuito de Telemedida o hilos pilotos, a un dispositivo de indicacion o recepcion a distancia.

78 RELE MEDIDOR DE ANGULO DE DEFASAJE O DE PROTECCION DE SALIDA EN PARALELO: Es el que funciona con un valor predeterminado de angulo de desfasaje entre dos tensiones o dos intensidades o entre tensiones e intensidad. DISPOSITIVO

79 RELE DE REENGANCHE DE C.A.: Es el que controla el reenganche y enclavamiento de un interruptor de c.a.

80 RESERVADO PARA APLICACIONES FUTURAS.

81 RELE DE FRECUENCIA: Es el que funciona con un valor dado de la frecuencia o por la velocidad de variacion de la frecuencia.

82 RELE DE REENGANCHE DE C.C.: Es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de c.c. generalmente respondiendo a las condiciones de la carga del circuito.

83 RELE DE SELECCION O TRANSFERENCIA DEL CONTROL AUTOMATICO: Es el que funciona para elegir automaticamente entre ciertas fuentes de alimentacion o condiciones en un equipo, o efectua automaticamente una operacion de transferencia.

84 MECANISMO DE ACCIONAMIENTO: Es el mecanismo electrico completo incluyendo el motor de operacion, solenoides, auxiliares de posicion, etc, para un cambiador de tomas, regulador de induccion o cualquier pieza de un aparato que no tenga numero de funcion.

85 RELE RECEPTOR DE ONDAS PORTADORAS O HILOS PILOTOS: Es el que es accionado o frenado por una señal y se usa en

combinacion con una proteccion direccional que funciona con equipos de transmision de onda portadora o hilos pilotos.

86 RELE DE ENCLAVAMIENTO: Es un rele accionado electricamente con reposicion a mano o electrica que funciona para parar y mantener un equipo fuera de servicio cuando concurran condiciones anormales

87 RELE DE PROTECCION DIFERENCIAL: Es el que funciona sobre un porcentaje o angulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos intensidades o algunas otras cantidades electricas.

88 MOTOR O GRUPO MOTOR GENERADOR AUXILIAR: Es el que se utiliza para accionar equipos auxiliares, tales como bombas, ventiladores, excitatrices, etc.

89 DESCONECTADOR DE LINEA: Es el que se utiliza como un desconectador de desconexion o aislamiento en un circuito de potencia de c.a. o c.c. cuando este dispositivo se acciona electricamente o bien tiene accesorios electricos, tales como interruptores auxiliares, enclavamientos electromagneticos, etc.

90 DISPOSITIVO DE REGULACION: Es el que funciona para regular una cantidad tal como tension, intensidad potencia, velocidad, frecuencia, temperatura y carga a un valor dado o bien entre ciertos limites para las maquinas, lineas de union u otros aparatos.

91 RELE DIRECCIONAL DE TENSION: Es el que funciona cuando la tension entre los extremos de un interruptor o contactor abierto sobrepasa de un valor dado en una direccion dada.

92 RELE DIRECCIONAL DE TENSION Y POTENCIA: Es un rele que permite u ocasiona la conexion de dos circuitos cuando la diferencia de tension entre ellos exede de un valor dado, en una direccion predeterminada y da lugar a que estos dos circuitos sean desconectados uno del otro, cuando la potencia circulante entre ellos excede de un valor dado en la direccion opuesta.

93 CONTACTOR DE CAMBIO DE CAMPO: Es el que funciona para cambiar el valor de la excitacion de la maquina.

94 RELE DE DISPARO O DISPARO LIBRE: Es el que funciona para disparar un interruptor, contactor o equipo, o evitar un reenganche inmediato de un interruptor en el caso que abra por sobrecarga aunque el circuito inicial de mando de cierre sea mantenido.

95
96
97
98 Reservado para aplicaciones futuras.
99

ESTUDIO GABRIEL TERRA

IND	FECHA	POR	DESCRIPCION	VISADO
	MODIFICADO			
C	18/10/93	J.NUNEZ	MODIFICACION	
B	15/9/93	J.NUNEZ	MODIFICACION	
A	6/4/93	J.NUNEZ	EMISION	

ESTUDIO DE SELECTIVIDAD

— GABRIEL TERRA —

Uruguay

DIBUJADO	VERIFICADO	VISADO	APROBADO	PARA INFORM.	PARA EJECUCION	FECHA
J.NUNEZ						6/4/93

Continentale dEquipements Electriques

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

DP.93.04.E.03

PAGINA	FICHERO :
1/22	GABRIEL1.DWG

INDICE

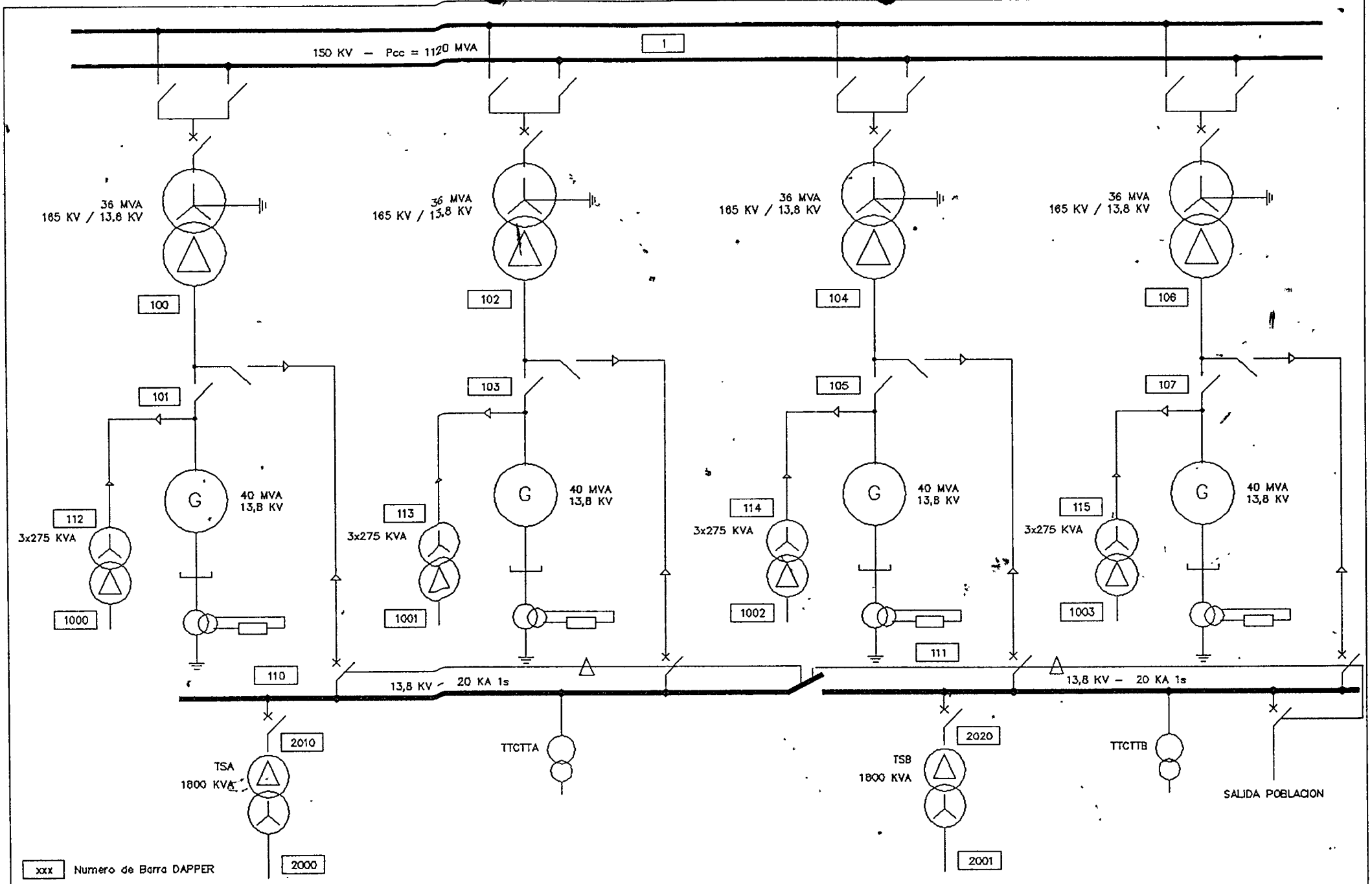
TITULO	Hoja	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Hoja	A	B	C	D	E	F	G	H	I	OBSERVACIONES
PORTADA	1	X																			
INDICE	2	X																			
ESQUEMA UNIFILAR	3	X																			
	4	X																			
	5	X																			
	6	X																			
	7	X																			
CURVAS DE SELECTIVIDAD	8	X																			
CURVAS DE FASE	9	X																			
CURVAS DE FASE	10	X																			
CURVAS DE FASE	11	X																			
CURVAS HOMOPOLARES	12	X																			
LIMITES DEL GENERADOR	13	X																			
AJUSTE RELES	13																				
	14	X																			
	15	X																			
	16	X																			
	17	X																			
	18	X																			
	19	X																			
	20	X																			
	21	X																			
	22	X																			

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

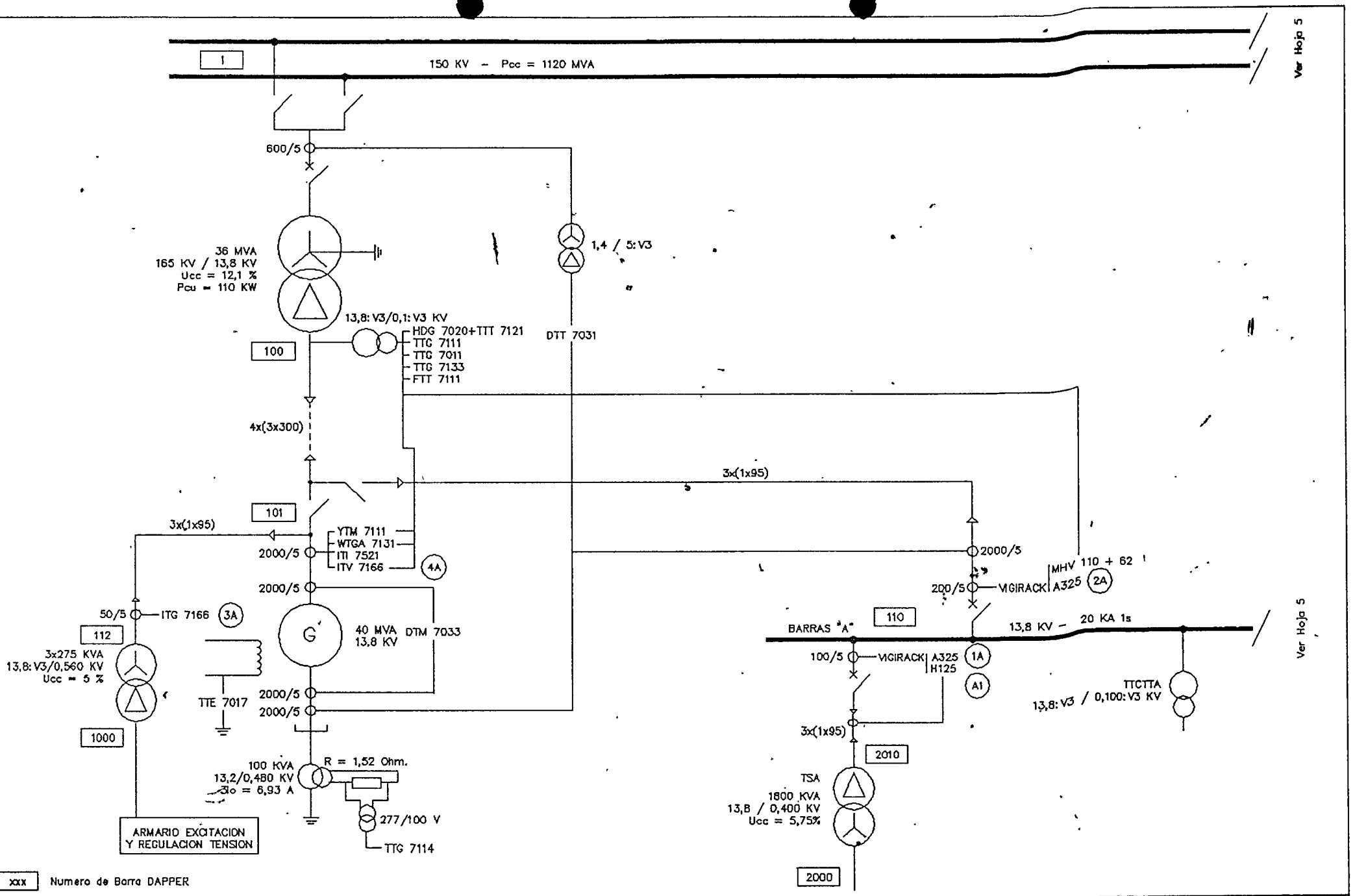
REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	
C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

FICHERO: GABRIEL2.DWG

DP.93.04.E.03



ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	ESQUEMA UNIFILAR GENERAL	FICHERO: GABRIEL3.DWG
	A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ		DP.93.04.E.03	HOJA: 3
	B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ										



ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

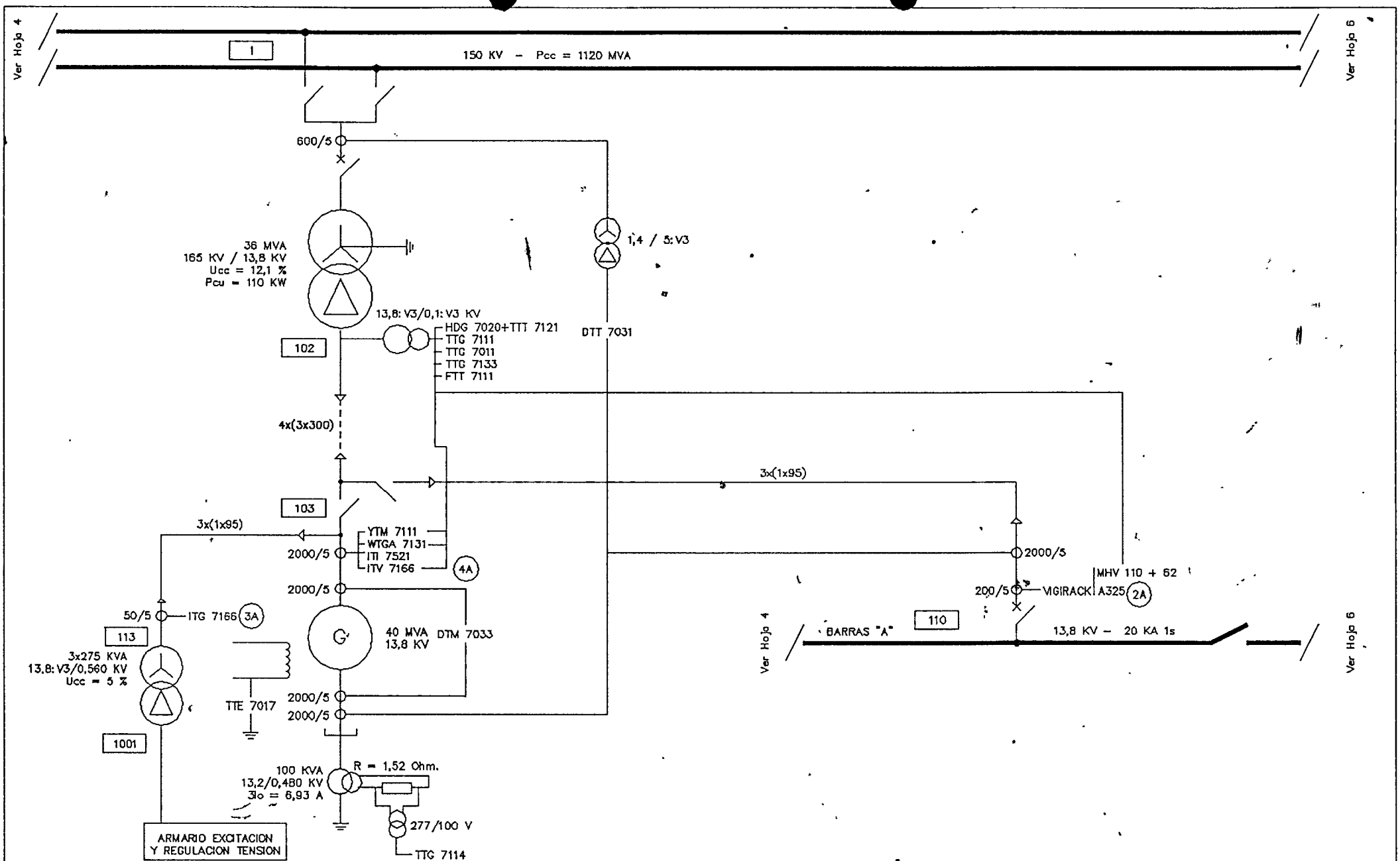
REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	
C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

ESQUEMA UNIFILAR

FICHERO: GABRIEL4.DWG

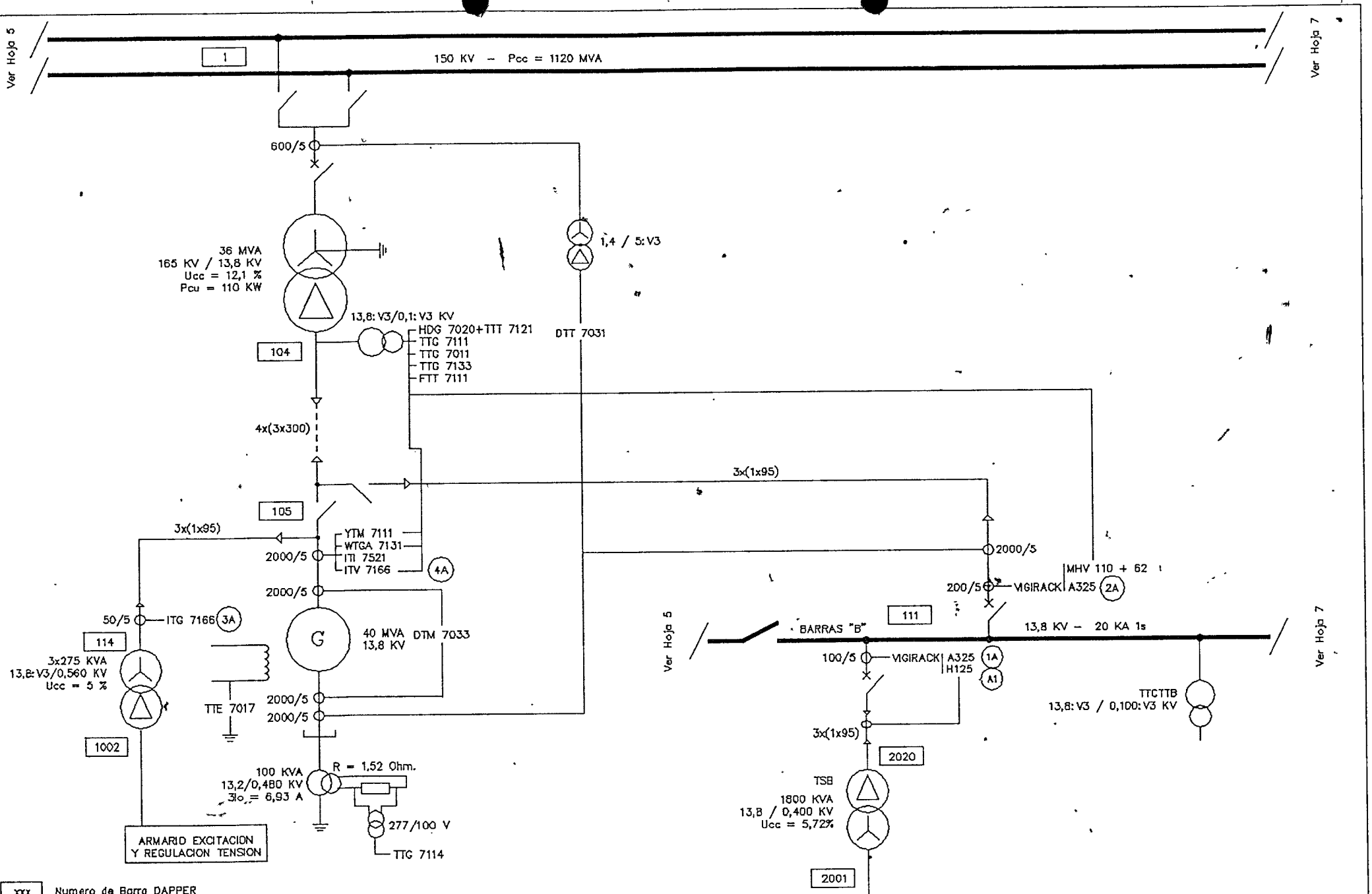
DP.93.04.E.03

HOJA: 4



xxx Numero de Barra DAPPER

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	*ESQUEMA UNIFILAR*	FICHERO: GABRIEL5.DWG
	A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	8/10/93		J.N.		J.NUNEZ		DP.93.04.E.03	HOJA: 5
	B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ										



REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ								

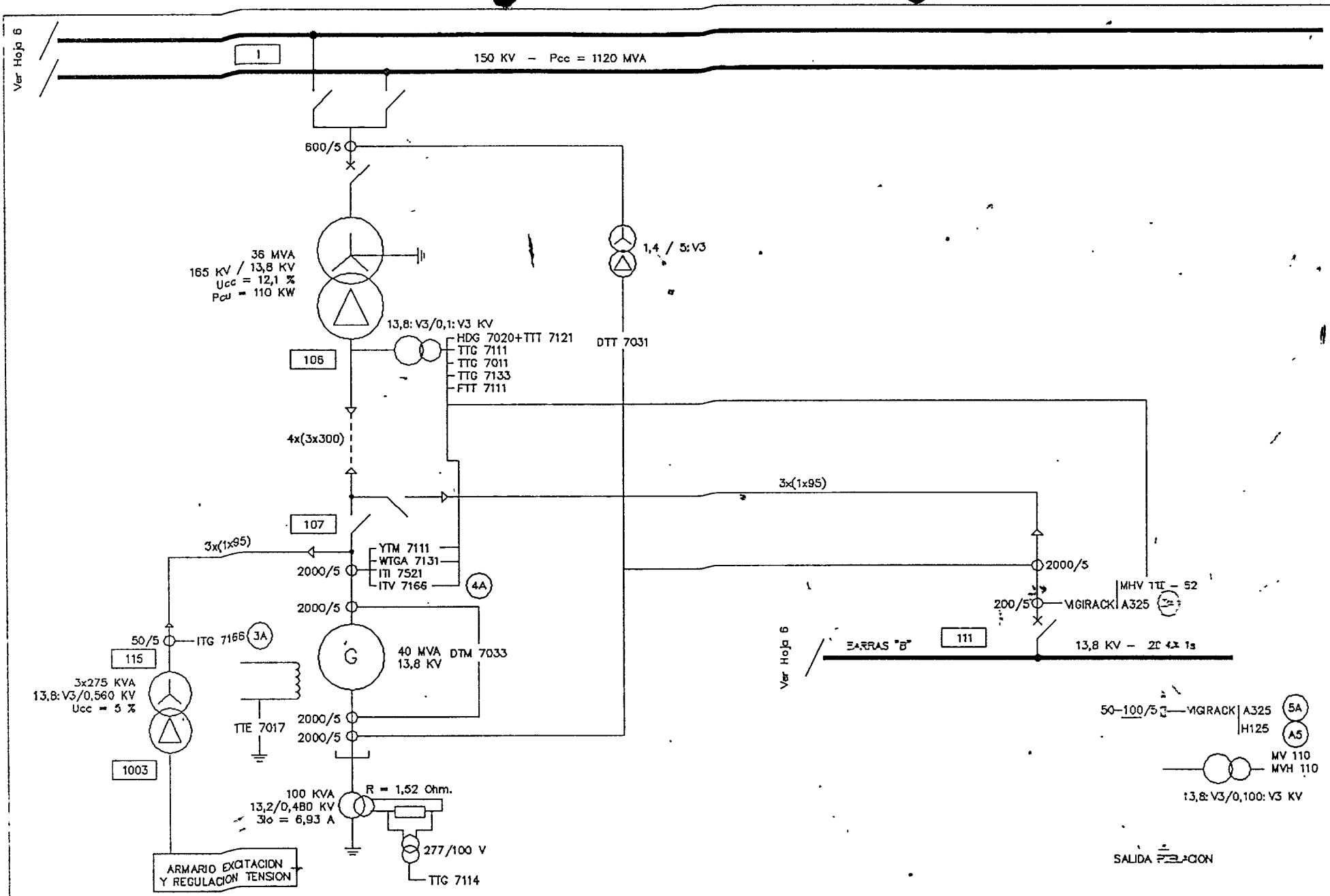
ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

ESQUEMA UNIFILAR

FICHERO: GABRIEL6.DWG

DP.93.04.E.03

HOJA: 6



xxx Numero de Barra DAPPER

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	

REV	FECHA	MODIFICACION.	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

ESQUEMA UNIFILAR

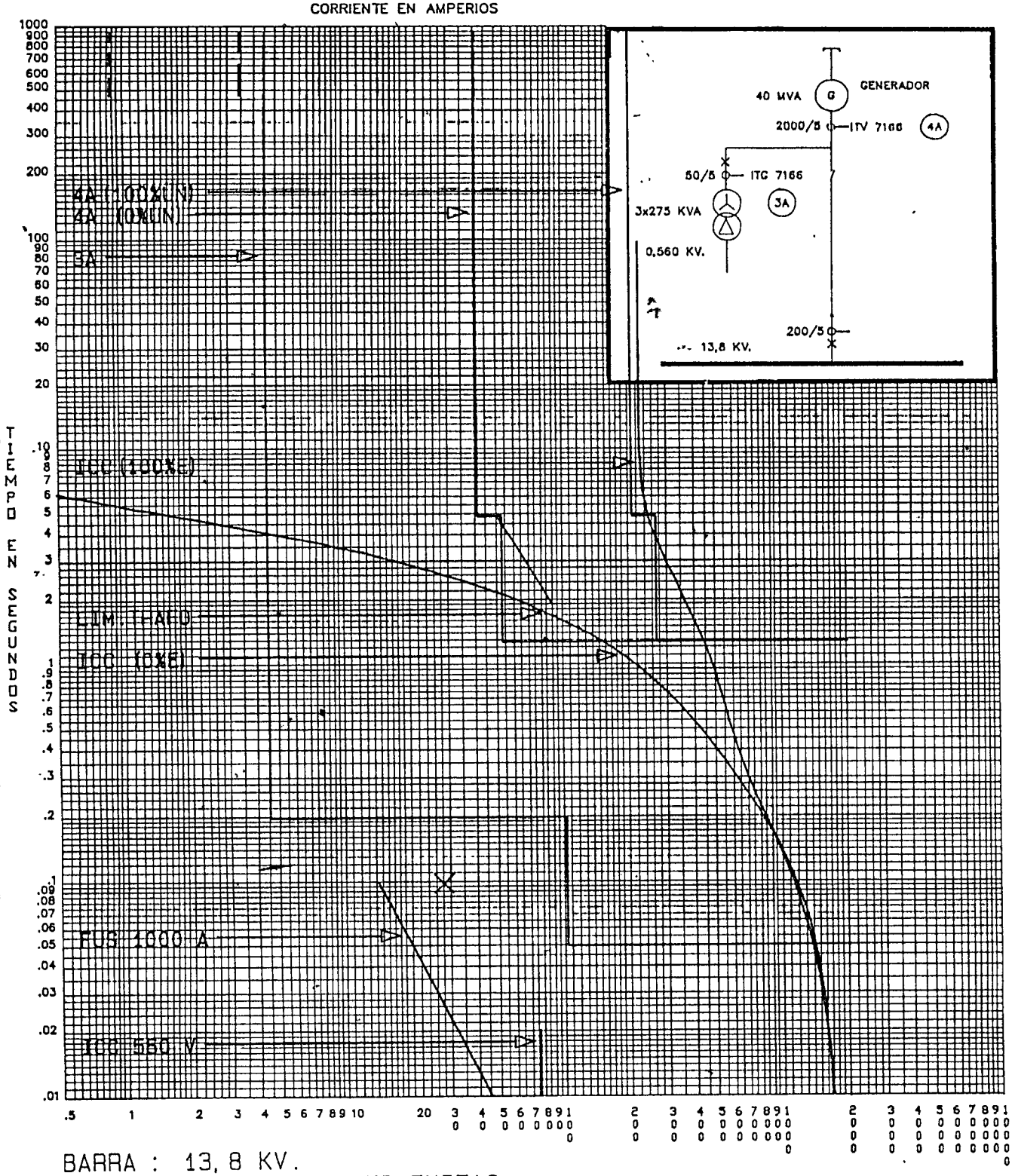
D-.93.04.E.03

FICHERO: GABRIEL7.DWG

HOJA: 7

CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA

CURVAS SELECTIVIDAD DE FASE

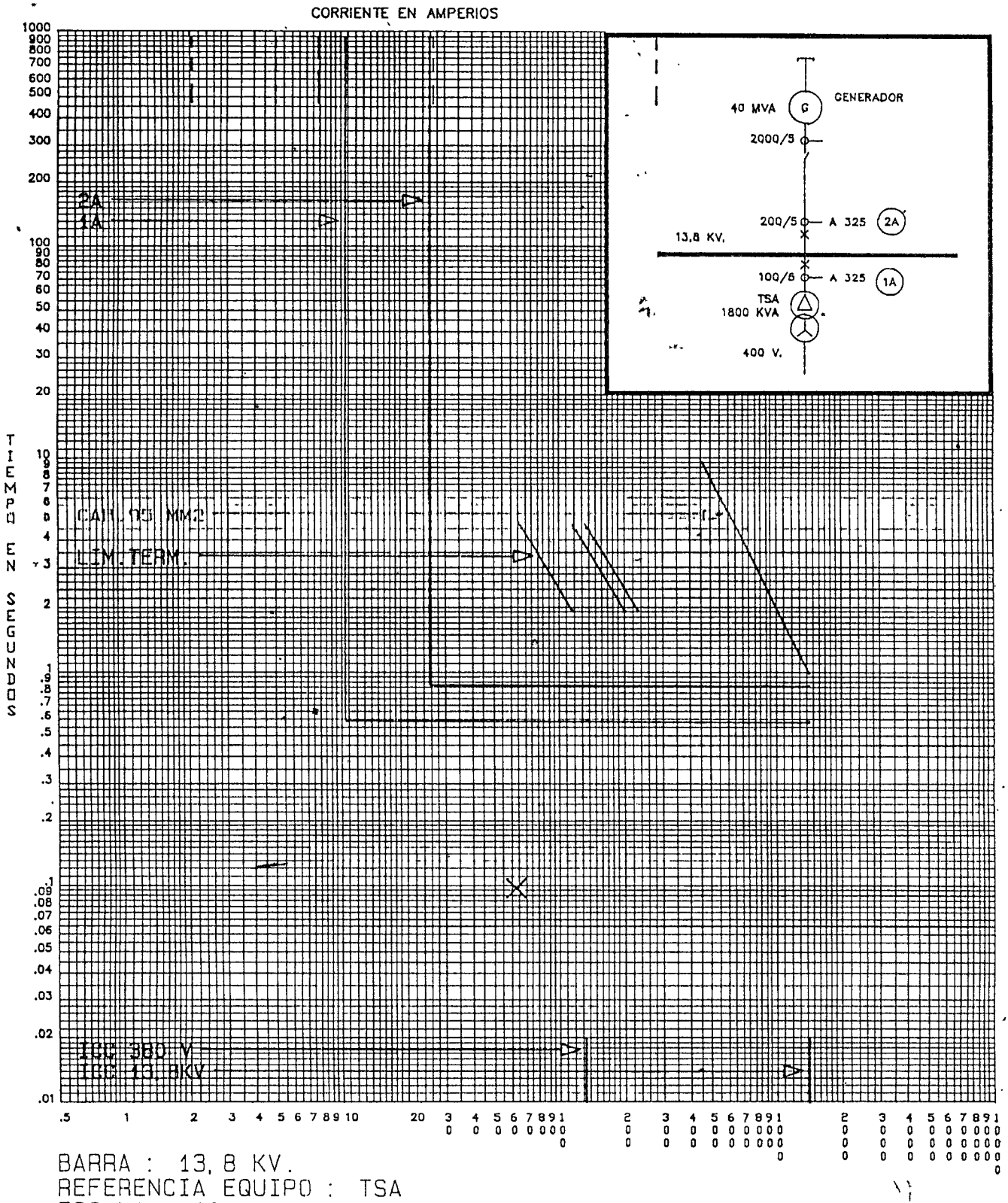


BARRA : 13, 8 KV.
REFERENCIA EQUIPO : TR.EXITAC.
ESCALA : 10.
REFERENCIA TENSION : 13800.

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA	REV	FECHA	DIB.	APROBADO	Estudio de Selectividad Numero :	VISADO :
		C	16/10/93	J.N.	J.NUNEZ	DP.93.04.E.03	HOJA : 8

CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA

CURVAS SELECTIVIDAD DE FASE

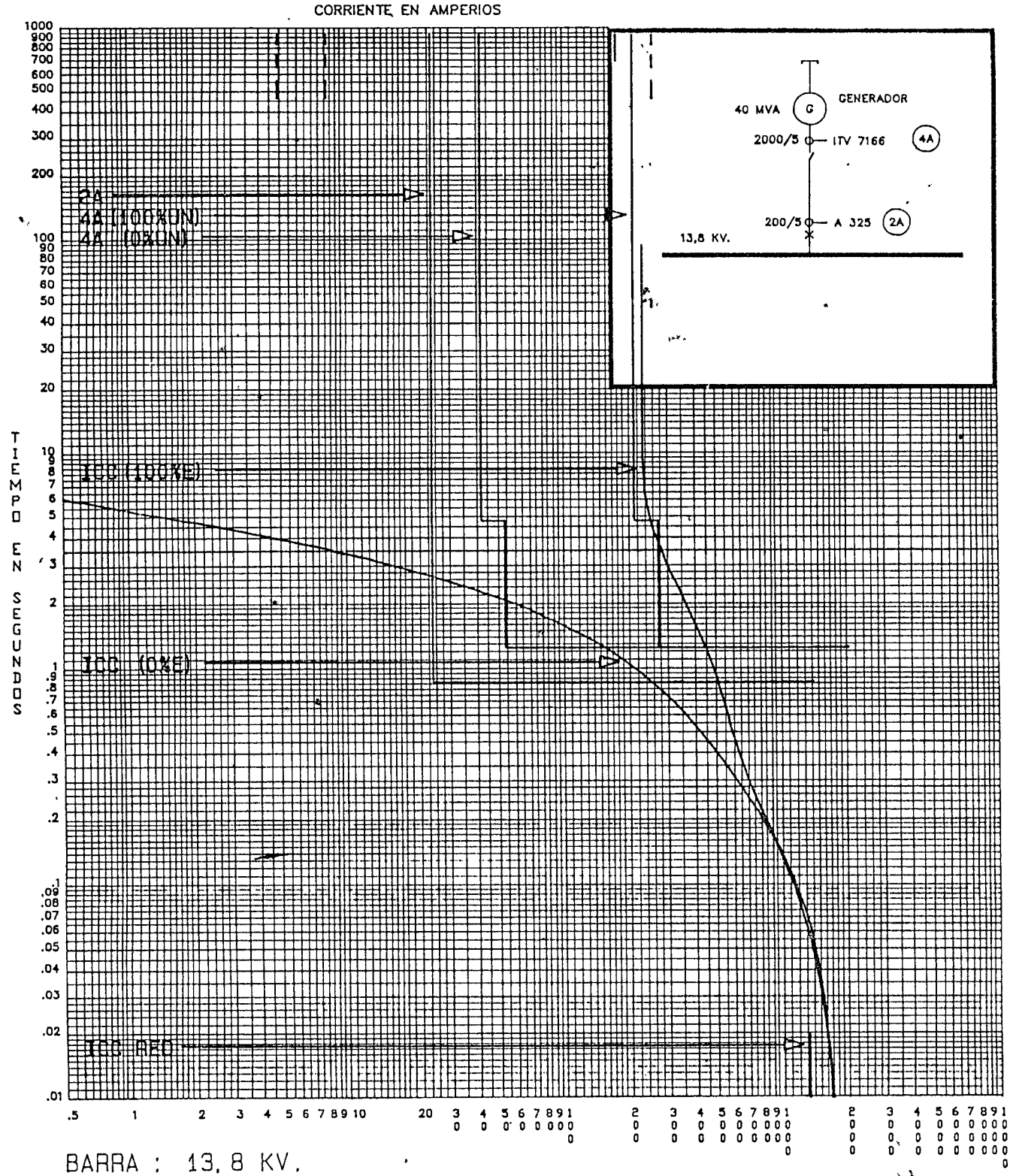


BARRA : 13,8 KV.
REFERENCIA EQUIPO : TSA
ESCALA : 10.
REFERENCIA TENSION : 13800.

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA	REV	FECHA	DIB.	APROBADO	Estudio de Selectividad Numero : DP.93.04.E.03	VISADO :
		C	18/10/93	J.N.	J.NUNEZ		HOJA : 9

CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA

CURVAS SELECTIVIDAD DE FASE

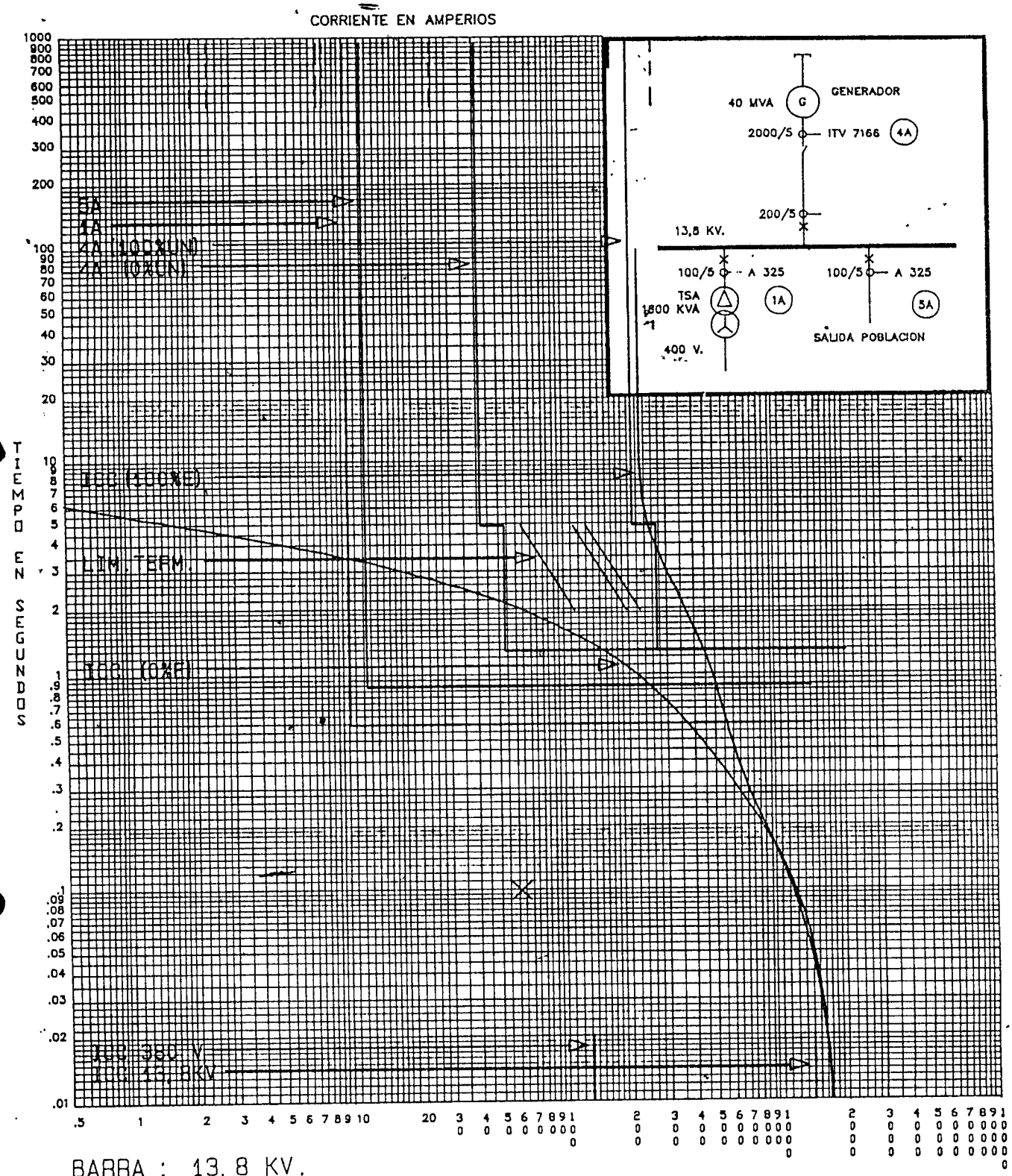


BARRA : 13,8 KV.
REFERENCIA EQUIPO : SERV. AUX.
ESCALA : 10.
REFERENCIA TENSION : 13800.

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA	REV	FECHA	DIB.	APROBADO	Estudio de Selectividad Numero : DP.93.04.E.03	VISADO :
		C	18/10/93	J.N.	J.NUNEZ		HOJA : 10

CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA

CURVAS SELECTIVIDAD DE FASE

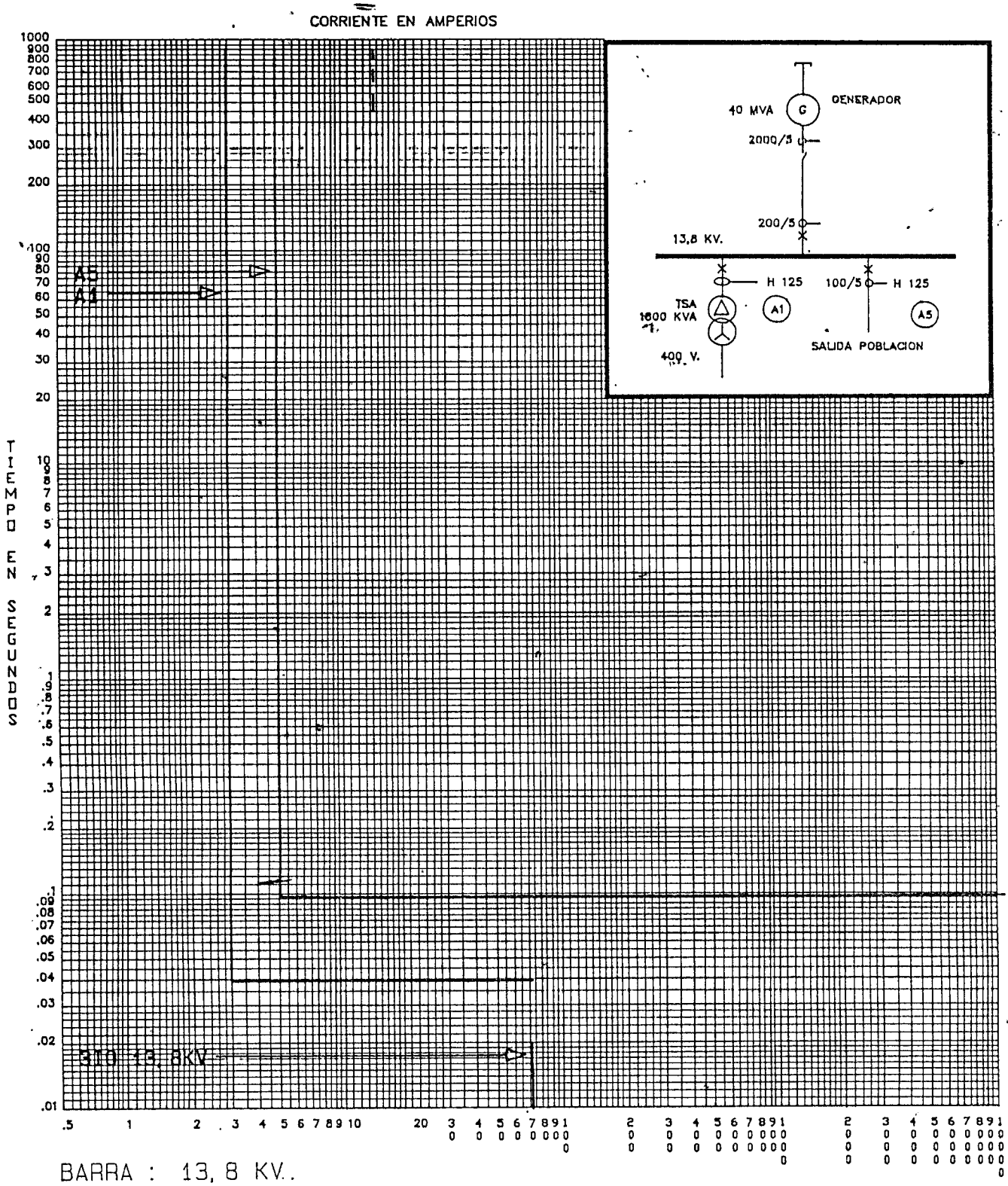


BARRA : 13,8 KV.
REFERENCIA EQUIPO : POBLACION
ESCALA : 10.
REFERENCIA TENSION : 13800.

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA	REV	FECHA	DIB.	APROBADO	Estudio de Selectividad Numero : DP.93.04.E.03	VISADO :
		C	18/10/93	J.N.	J.NUNEZ		HOJA : 11

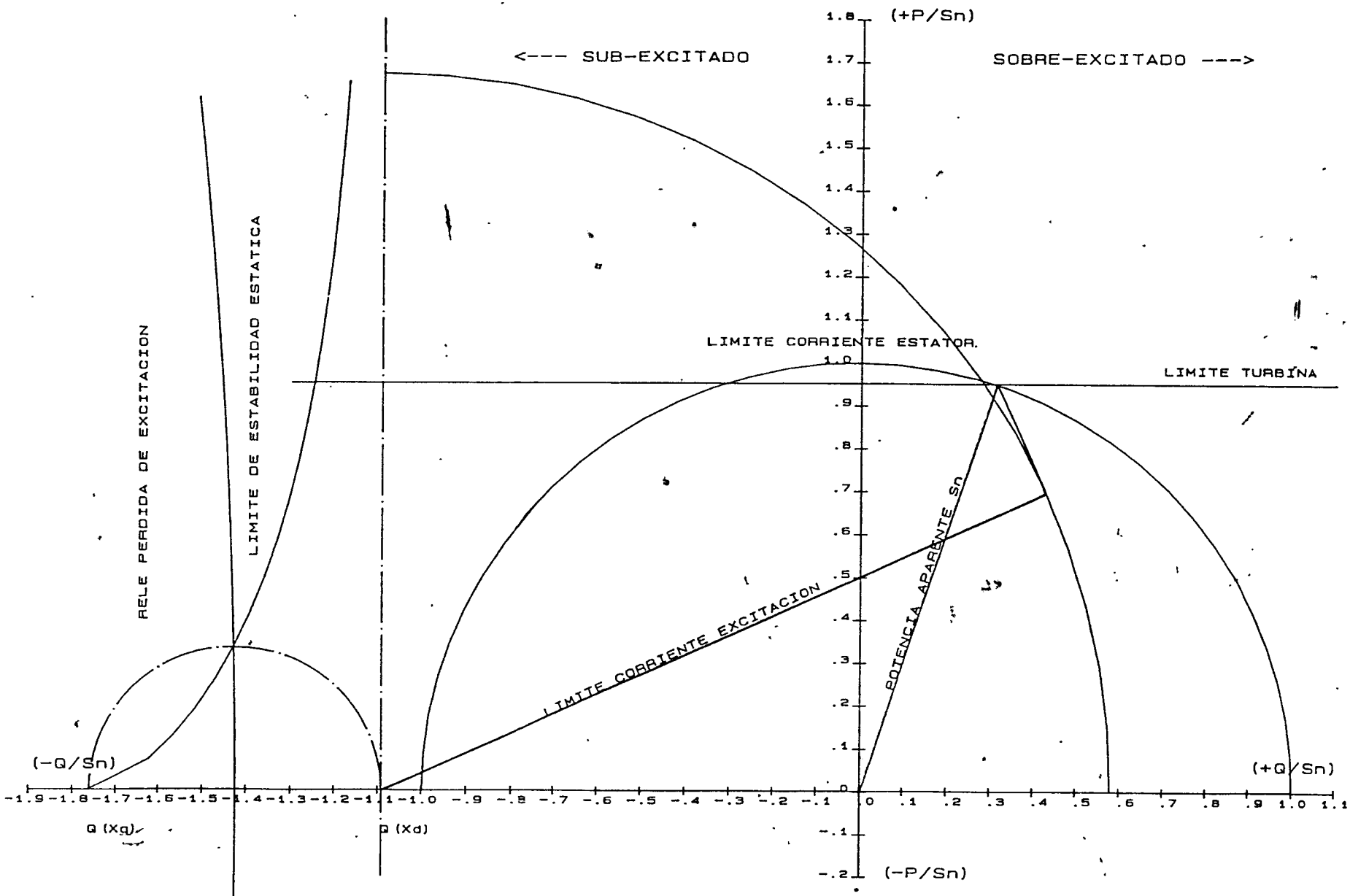
CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA

CURVAS DE SELECTIVIDAD DE TIERRA



BARRA : 13,8 KV.
REFERENCIA EQUIPO : TSA
ESCALA : 1.
REFERENCIA TENSION : 13800.

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	CENTRAL HIDRAULICA GABRIEL TERRA	REV	FECHA	DIB.	APROBADO	Estudio de Selectividad Numero : DP.93.04.E.03	VISADO :
		C	18/10/93	J.N.	J.NUNEZ		HOJA : 12



ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
C	8/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

LIMITES GENERADOR

DP.93.04.E.03

FICHERO: GABRIL13.DWG

HOJA: 13

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
ALTERNADOR 1 40 MVA	1	4A	40 MVA	1673			2000/5	ITV 7166		MAX I TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO			Selector a '1' - Cont. '2' : Disparo - Cont. '1' : Alarma				
									27	CONTROLADO POR TENSION	U<: 20-40-60 % Un	t<: 0.5-30 sec		U<: 40 %	t: 1,5 s		
									51V	UNIDAD UMBRAL BAJO	I>: 0.5 - 2 In	t>: 0.5-30 sec		I>: 1 In	t: 5 s		
									50V	UNIDAD UMBRAL ALTO	I>>: 1 - 8 In	t>>: 0.1-3 sec		I>>:1,3 In	t: 1,3 s		
	2						2000/5 13,8:V3 EV/ 100:V3 V	YTM 7111	40	PERDIDA DE EXCITACION TIEMPO INDEPENDIENTE DIAMETRO DEL CIRCULO DESPLAZAMIENTO CIRCULO	70-300 % Zn (K1) 6-34 % Zn (K2)	t: 0.6-6.0 sec	Zn: Un/(1.73*In) K1: Id-(I'/2) K2: I'd/2 2 UNIDADES DE SALIDA	t : 3 s K1 : 70 % K2 : 18 %			
	3						2000/5 13,8:V3 EV/ 100:V3 V	WTGA 7131	32	RETORNO POTENCIA ACTIVA 1 UMBRAL TEMPORIZADO	P>: 1-10 % Sn	t: 1-10 sec	2 UNIDADES DE SALIDA: P> INSTANTANEA P> TEMPORIZADA	P>: 1 %	t : 3 s		
	4						2000/5	ITI 7521	46	MAX I COMPONENTE INVERSA UNIDAD A TIEMPO DEPEND. UNIDAD A TIEMPO INDEPEND.	Ia>:0.08/../0.25 In Ib>: 0.5-1.0 Ia>	1.5-6 sec A 10 Ia> tb>: 12-120 sec	CABLEAR A DISPARO CABLEAR A ALARMA	Ia:0,12 In Ib:0,5 Ia	t1: 6 s t2: 120 s		
	5						2000/5	DTM 7033	87	CORRIENTE DIFERENCIAL RETENCION RESISTENCIA ESTABILIZ.	Id>: 2-14 % In Ir: 2-20 % Estab:0-22 OHMS(5A)	40 mseg. A 5 Id>	Id>: 5 % In Ir : 10 % Rstab :				
	6						13,2 KV/490 V	TTG 7114	64	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO INDEPENDIENTE (DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO NEUTRO)	U>: 5-20 V	t>: 0.1-1 seg.	CON T.T. 2V/100 V	U>: 5 V	t : 0,22 s		
	7							TTE 7017	64F	FALTA AISLAMIENTO ROTOR 1 UMBRAL INSTANTANEO	500-5000 Ohmios	t INFERIOR A 1 seg.	TENSION CAMPO < 600 V	R< : 5000			
	8						13,8:V3 EV/ 100:V3 V	EDG 7026	81	RELE FRECUENCIA 2 UMBRALES	F1:(Fn-7)-(Fn+5,7) F2:(Fn-7)-(Fn+5,7)	100 ms 100 ms	F1 EN MAYOR FREC. F2 EN MENOR FREC.	F1: 51 Hz F2: 49 Hz			
	9							TTT 7121	4	RELE DE TIEMPO TEMPO. AL FUNCIONAMIENTO		t1: 0.3-3 sec t2: 0.3-3 sec	USADO CON EL RELE DE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA		t1 : 0,5 s t2 : 0,5 s		
	10						13,8:V3 EV/ 100:V3 V	TTG 7111	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	t: 0.3-3 sec	CABLEAR A ALARMA	U> : 115 %	t : 2 s		
	11						13,8:V3 EV/ 100:V3 V	TTG 7011	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	INSTANTANEO		U> : 140 %	t : Inst.		
	12						13,8:V3 EV/ 100:V3 V	TTG 7133	27	MIN U TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO - 1 UMBRAL	U<: 50-100 % Un	t: 0.3-3 seg.	CABLEAR A ALARMA	U< : 85 %	t : 2 s		

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

TENSION AUXILIAR :

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	
C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTES

DP.93.04.E.03

FICHERO: GABRIL14.DWG

HOJA: 14

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
GRUPO TRAFO ALTERNADOR 1	13		40 MVA	1673			600/5 2000/5	DTT 7031	87	RELE DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS	Id>: 20-50 % In Ir: 20-50 % Id>>: 5-20 In	50 mseg. A 3 Id> 40 mseg. A 1.2 Id>>	Con T.C. intercalario de 1,4/ 5:V3 Para conexion Yd5	Id : 35 % Ir : 30 % Id>>: 10			
TRAFO EXCITACION GRUPO 1	14	3A	3x275 KVA	34,5			50/5	ITG 7166	51 50/ 51	MAX I FASE TIEMPO INDEPENDIENTE 2 UMBRALES TEMPORIZADOS	I>: 0.5-4 In I>>: 2-50 In	t>: 0.05-3 sec t>>: 0.05-1.6 sec	Selector a/b en '2' Cont. a y b : Disparo	I>: 0,9 In I>>: 20 In	t : 0,2 s t>>:0,15 s		
LLEGADA BARRAS A	15	2A					200/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1,2 In	t : 0,5 s		
	16						11,8:V3 KV/ 110:V3 V	MVE 110	59	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 5 - 20 % Un	t>:0,05-0,1-0,2-0,3 0,4-0,5-1-2-3-4-5 s	(62) Tiempo 2 umbral: t: 0,23 s.	U>:5 % Un	t : 0,15 s		
TRAFO T.S.A.	17	1A					100/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1 In	t : 0,6 s		
	18	A1					TORO	H 125	51	MAXIMA Int. MONOFASICA TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>:0,25-250 A TORO	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 0,3 A	t : 0,14 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	HOJA DE AJUSTES	FICHERO: GABRIL14.DWG
	A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ		DP.93.04.E.03	HOJA: 15
	B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ										

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
ALTERNADOR 2 40 MVA	19	4A	40 MVA	1673			2000/5	ITV 7166		MAX I TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO			Selector a/b en '1'				
									27	CONTROLADO POR TENSION	U<: 20-40-60 % Un	t<: 0.5-30 sec	- Cont. 'a' : Disparo	U<: 40 %	t: 1,5 s		
									51V	UNIDAD UMBRAL BAJO	I>: 0.5 - 2 In	t>: 0.5-30 sec	- Cont. 'b' : Alarma	I>: 1 In	t: 5 s		
									50V	UNIDAD UMBRAL ALTO	I>>: 1 - 8 In	t>>: 0.1-3 sec		I>>:1,3 In	t: 1,3 s		
	20						2000/5 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	YTM 7111	40	PERDIDA DE EXCITACION TIEMPO INDEPENDIENTE DIAMETRO DEL CIRCULO DESPLAZAMIENTO CIRCULO	70-300 % Zn (K1) 6-34 % Zn (K2)	t: 0.6-6.0 sec	Zn: Un/(1.732*In) K1: Xd-(X'd/2) K2: X'd/2 2 UNIDADES DE SALIDA	t : 3 s K1 : 70 % K2 : 18 %			
	21						2000/5 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	WTGA 7131	32	RETORNO POTENCIA ACTIVA 1 UMBRAL TEMPORIZADO	P>: 1-10 % Sn	t: 1-10 sec	2 UNIDADES DE SALIDA: P> INSTANTANEA P> TEMPORIZADA	P>: 1 %	t : 3 s		
	22						2000/5	ITI 7521	46	MAX I COMPONENTE INVERSA UNIDAD A TIEMPO DEPEND. UNIDAD A TIEMPO INDEPEND.	Ia>:0.08/../0.25 In Ib>: 0.5-1.0 Ia>	1.5-6 sec A 10 Ia> tb>: 12-120 sec	CABLEAR A DISPARO CABLEAR A ALARMA	Ia:0,12 In Ib:0,5 Ia	t1: 6 s t2: 120 s		
	23						2000/5	DTM 7033	87	CORRIENTE DIFERENCIAL RETENCION RESISTENCIA ESTABILIZ.	Id>: 2-14 % In Kr: 2-20 % Rstab:0-22 OHMS(5A)	40 mseg. A 5 Id>	Id>: 5 % In Kr : 10 % Rstab :				
	24						13,2 KV/480 V	TTG 7114	64	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO INDEPENDIENTE (DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO NEUTRO)	U>: 5-20 V	t>: 0.1-1 seg.	CON T.T. 277/100 V	U>: 5 V	t : 0,23 s		
	25							TTE 7017	64F	FALTA AISLAMIENTO ROTOR 1 UMBRAL INSTANTANEO	500-5000 Ohmios	t INFERIOR A 1 seg.	TENSION CAMPO < 600 V	R< : 5000			
	26						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	HDG 7020	81	RELE FRECUENCIA 2 UMBRALES	F1:(Fn-7)-(Fn+5,7) F2:(Fn-7)-(Fn+5,7)	100 ms 100 ms	F1 EN MAXIMA FREC. F2 EN MINIMA FREC.	F1: 51 Hz F2: 49 Hz			
	27							TTT 7121	4	RELE DE TIEMPO TEMPO. AL FUNCIONAMIENTO		t1: 0.3-3 sec t2: 0.3-3 sec	USADO CON EL RELE DE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA		t1 : 0,5 s t2 : 0,5 s		
	28						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7111	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	t: 0.3-3 sec	CABLEAR A ALARMA	U> : 115 %	t : 2 s		
	29						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7011	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	INSTANTANEO		U> : 140 %	t : Inst.		
	30						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7133	27	MIN U TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO - 1 UMBRAL	U<: 50-100 % Un	t: 0.3-3 seg.	CABLEAR A ALARMA	U< : 85 %	t : 2 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

HOJA DE AJUSTES

FICHERO: GABRIL14.DWG

DP.93.04.E.03

HOJA: 16

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
GRUPO TRAFO ALTERNADOR 2	31		40 MVA	1673			600/5 2000/5	DTT 7031	87	RELE DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS	Id>: 20-50 % In Kr: 20-50 % Id>>: 5-20 In	50 mseg. A 3 Id> 40 mseg. A 1.2 Id>>	C. intercalario Con Y // 5:V3 de 1,/ Para conexion Yd5	Id : 35 % Kr : 30 % Id>>: 10			
TRAFO EXCITACION GRUPO 2	32	3A	3x275 KVA	34,5			50/5	ITG 7166	51 50/ 51	MAX I FASE TIEMPO INDEPENDIENTE 2 UMBRALES TEMPORIZADOS	I>: 0.5-4 In I>>: 2-50 In	t>: 0.05-3 sec t>>: 0.05-1.6 sec		I>: 0,9 In I>>: 20 In	t : 0,2 s t>>:0,05 s		
LLEGADA BARRAS A	33	2A					200/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1,2 In	t : 0,9 s		
	34						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	MVE 110	59	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 5 - 20 % Un	t>:0,05-0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-1-2-3-4-5 s	(62) tiempo 2 umbral: t : 0' 23 s.	U>:5 % Un	t : 0,05 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	
C	8/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTES

DP.93.04.E03 | HOJA: 17

FICHERO: GABRIL14.DWG

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMP.
ALTERNADOR 3 40 MVA	35	4A	40 MVA	1673			2000/5	ITV 7166		MAX I TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO			Selector a/b en '1'				
									27	CONTROLADO POR TENSION	U<: 20-40-60 % Un	t<: 0.5-30 sec	- Cont. 'a': Disparo	U<: 40 %	t: 1,5 s		
									51V	UNIDAD UMBRAL BAJO	I>: 0.5 - 2 In	t>: 0.5-30 sec	- Cont. 'b': Alarma	I>: 1 In	t: 5 s		
									50V	UNIDAD UMBRAL ALTO	I>>: 1 - 8 In	t>>: 0.1-3 sec		I>>:1,3 In	t: 1,3		
	36						2000/5 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	YTM 7111	40	PERDIDA DE EXCITACION TIEMPO INDEPENDIENTE DIAMETRO DEL CIRCULO DESPLAZAMIENTO CIRCULO	70-300 % Zn (X1) 6-34 % Zn (X2)	t: 0.6-6.0 sec	Zn: Un/(1.732*In) K1: Id-(I'd/2) K2: I'd/2 2 UNIDADES DE SALIDA	t : 3 s K1 : 70 % K2 : 18 %			
	37						2000/5 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	WTGA 7131	32	RETORNO POTENCIA ACTIVA 1 UMBRAL TEMPORIZADO	P>: 1-10 % Sn	t: 1-10 sec	2 UNIDADES DE SALIDA: P> INSTANTANEA P> TEMPORIZADA	P>: 1 %	t : 3 s		
	38						2000/5	ITI 7521	46	MAX I COMPONENTE INVERSA UNIDAD A TIEMPO DEPEND. UNIDAD A TIEMPO INDEPEND.	Ia>:0.08/../0.25 In Ib>: 0.5-1.0 Ia>	t=1.5-6 sec A 10 Ia> tb>: 12-120 sec	CABLEAR A DISPARO CABLEAR A ALARMA	Ia:0,12 In Ib:0,5 Ia	t1: 6 s t2: 120 s		
	39						2000/5	DTM 7033	87	CORRIENTE DIFERENCIAL RETENCION RESISTENCIA ESTABILIZ.	Id>: 2-14 % In Kr: 2-20 % Rstab:0-22 OHMS(5A)	40 mseg. A 5 Id>	Id>: 5 % In Kr : 10 % Rstab :				
	40						13,2 KV/460 V	TTG 7114	64	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO INDEPENDIENTE (DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO NEUTRO)	U>: 5-20 V	t>: 0.1-1 seg.	CON T.T. 277/100 V	U>: 5 V	t : 0,23 s		
	41							TTE 7017	64F	FALTA AISLAMIENTO ROTOR 1 UMBRAL INSTANTANEO	500-5000 Ohmios	t INFERIOR A 1 seg.	TENSION CAMPO < 600 V	Ec : 5000			
	42						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	HDG7020	81	RELE FRECUENCIA 2 UMBRALES	F1:(Fn-7)-(Fn+5,7) F2:(Fn-7)-(Fn+5,7)	100 ms 100 ms	F1 EN MAXIMA FREC. F2 EN MINIMA FREC.	F1: 51 Hz F2: 49 Hz			
	43							TTT 7121	4	RELE DE TIEMPO TEMPO. AL FUNCIONAMIENTO		t1: 0.3-3 sec t2: 0.3-3 sec	USADO CON EL RELE DE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA		t1 : 0,5 s t2 : 0,5 s		
	44						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7111	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	t: 0.3-3 sec	CABLEAR A ALARMA	U> : 115 %	t : 2 s		
	45						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7011	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	INSTANTANEO		U> : 140 %	t : Inst.		
	46						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7133	27	MIN U TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO - 1 UMBRAL	U<: 50-100 % Un	t: 0.3-3 seg.	CABLEAR A ALARMA	U< : 85 %	t : 2 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	18/10/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ								

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTE

DP.93.04.E

FICHERO: GABRIL14.DWG

HOJA: 18

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TT	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
GRUPO TRAFO ALTERNADOR 3	47		40 MVA	1673			600/5 2000/5	87	RELE DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS	Id>: 20-50 % In Ir: 20-50 % Id>>: 5-20 In	50 mseg. A 3 Id 40 mseg. A 1,2	Con T.C. intercalario Id 1,4/ 5:V3 Para conexion Yd5	Id : 35 % Ir : 30 % Id>>: 1[illegible]		
TRAFO EXCITACION GRUPO 3	46	3A	3x275 KVA	34,5			50/5	51 50/ 51	MAX I FASE TIEMPO INDEPENDIENTE 2 UMBRALES TEMPORIZADOS	I>: 0.5-4 In I>>: 2-50 In	t>: 0.05-3 s t>>: 0.05-1.5 s	Selecter a/b en '2' Cont. a y b: Disparo	I>: 0,5 [illegible] s I>>: 2[illegible] s		
LLEGADA BARRAS B	49	2A					200/5	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 s	CON ENCLAVAMIENTO DE SALIDA ESTATISTICA	I>: 1,2 [illegible] s		
	50						13,8:V3 kV 100:V3 V	59	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 5 - 20 % Un	t>:0,05-0,1-[illegible] 0,4-0,5-1-2-3-4-5	(52) Tiempo 2 umbral: 8,23 s.	U>:5 % [illegible] s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ	
C	6/10/93		J.N.		J.NUNEZ	

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTES

FICHERO: CABRIL14.DWG

[illegible].93.04.E.03

HOJA: 19

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
ALTERNADOR 4 40 MVA	51	4A	40 MVA	1673			2000/5	ITV 7166		MAX I TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO			Selector a/b en '1' - Cont. 'a': Disparo - Cont. 'b': Alarma				
									27	CONTROLADO POR TENSION	U<: 20-40-60 % Un	t<: 0.5-30 sec		U<: 40 %	t: 1,5 s		
									51V	UNIDAD UMBRAL BAJO	I>: 0.5 - 2 In	t>: 0.5-30 sec		I>: 1 In	t: 5 s		
									50V	UNIDAD UMBRAL ALTO	I>>: 1 - 8 In	t>>: 0.1-3 sec		I>>:1,3 In	t: 1,3 s		
	52						2000/5 - 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	YTM 7111	40	PERDIDA DE EXCITACION							
										TIEMPO INDEPENDIENTE		t: 0.6-6.0 sec	Zñ: Un/(1.732*In)	t : 3 s			
										DIAMETRO DEL CIRCULO	70-300 % Zn (X1)		K1: Id-(I'd/2)	K1 : 70 %			
										DESPLAZAMIENTO CIRCULO	6-34 % Zn (X2)		K2: I'd/2	K2 : 18 %			
													2 UNIDADES DE SALIDA				
	53						2000/5 13,8:V3 KV/ 100:V3 V	WTGA 7131	32	RETORNO POTENCIA ACTIVA 1 UMBRAL TEMPORIZADO	P>: 1-10 % Sn	t: 1-10 sec	2 UNIDADES DE SALIDA: P> INSTANTANEA P> TEMPORIZADA	P>: 1 %	t : 3 s		
	54						2000/5	ITI 7521	46	MAX I COMPONENTE INVERSA							
										UNIDAD A TIEMPO DEPEND.	Ia>:0.08/../0.25 In	1.5-6 sec A 10 Ia>	CABLEAR A DISPARO	Ia:0,12 In	t1: 6 s		
										UNIDAD A TIEMPO INDEPEND.	Ib>: 0.5-1.0 Ia>	tb>: 12-120 sec	CABLEAR A ALARMA	Ib:0,5 Ia	t2: 120 s		
	55						2000/5	DTM 7033	67	CORRIENTE DIFERENCIAL	Id>: 2-14 % In	40 mseg. A 5 Id>	Id>: 5 % In				
										RETENCION	Kr: 2-20 %		Kr : 10 %				
										RESISTENCIA ESTABILIZ.	Rstab:0-22 OHMS(5A)		Rstab :				
	56						13,2 KV/480 V	TTG 7114	64	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO INDEPENDIENTE (DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO NEUTRO)	U>: 5-20 V	t>: 0.1-1 seg.	CON T.T. 277/100 V	U>: 5 V	t : 0,23 s		
	57							TTE 7017	64F	FALTA AISLAMIENTO ROTOR 1 UMBRAL INSTANTANEO	500-5000 Ohmios	t INFERIOR A 1 seg.	TENSION CAMPO < 600 V	R< : 5000			
	58						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	HDG7020	81	RELE FRECUENCIA 2 UMBRALES	F1:(Fn-7)-(Fn+5,7)	100 ms	F1 EN MAXIMA FREC.	F1: 51 Hz			
											F2:(Fn-7)-(Fn+5,7)	100 ms	F2 EN MINIMA FREC.	F2: 49 Hz			
	59							TTT 7121	4	RELE DE TIEMPO TEMPO. AL FUNCIONAMIENTO		t1: 0.3-3 sec t2: 0.3-3 sec	USADO CON EL RELE DE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA		t1 : 0,5 s t2 : 0,5 s		
	60						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7111	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	t: 0.3-3 sec	CABLEAR A ALARMA	U> : 115 %	t : 2 s		
	61						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7011	59	MAXIMA TENSION MONOFASICO - 1 UMBRAL	U>: 100-150 % Un	INSTANTANEO		U> : 140 %	t : Inst.		
	62						13,8:V3 KV/ 100:V3 V	TTG 7133	27	MIN U TIEMPO INDEPEND. TRIFASICO - 1 UMBRAL	U<: 50-100 % Un	t: 0.3-3 seg.	CABLEAR A ALARMA	U< : 85 %	t : 2 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO APERT.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	AJUSTE I o U	AJUSTE TIEMPO	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
GRUPO TRAFO ALTERNADOR 4	63		40 MVA	1673			600/5 2000/5	DTT 7031	87	RELE DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS	Id>: 20-50 % In Kr: 20-50 % Id>>: 5-20 In	50 mseg. A 3 Id> 40 mseg. A 1.2 Id>>	Con T.C. intercalario de 1,4/ 5:V3 Para conexion Yd5	Id : 35 % Kr : 30 % Id>>: 10			
TRAFO EXCITACION GRUPO 4	64	3A	3x275 KVA	34,5			50/5	ITG 7166	51 50/ 51	MAX I FASE TIEMPO INDEPENDIENTE 2 UMBRALES TEMPORIZADOS	I>: 0.5-4 In I>>: 2-50 In	t>: 0.05-3 sec t>>: 0.05-1.6 sec	Selector a/b en '2' Cont. a y b : Disparo	I>: 0,9 In I>>: 20 In	t : 0,2 s t>>:0,05 s		
SALIDA BARRAS B	65	2A					200/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1,2 In	t : 0,9 s		
	66						13,8:V3 KV/ 190:V3 V	MVH 110	59	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 5 - 20 % Un	t>:0,05-0,1-0,2-0,3 0,4-0,5-1-2-3-4-5 s	(62) Tiempo 2 umbral: t: 0,23 s.	U>: 5 % Un	t : 0,05 s		
TRAFO T.S.S.	67	1A					100/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1 In	t : 0,6 s		
	68	A1					TORO	H 125	51	MAXIMA Int. MONOFASICA TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>:0,25-250 A TORO	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 0,3 A	t : 0,04 s		
SALIDA POBLACION	69	5A					100/5	A 325	51	MAXIMA CORRIENTE FASE TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.4-20 In	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 1,2 In	t : 0,9 s		
	70						13,8:V3 KV/ 190:V3 V	MVH 110	59	MAXIMA TENSION HOMOPOLAR TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 5 - 20 % Un	t>:0,05-0,1-0,2-0,3 0,4-0,5-1-2-3-4-5 s		U>: 5 % Un	t : 0,1 s		
	71	A5					100/5	H 125	51	MAXIMA Int. MONOFASICA TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	I>: 0.05-50 In T.C.	t>: 0.04-25 sec	UNA UNIDAD DE SALIDA INSTANTANEA	I>: 0,05 In	t : 0,1 s		
	72						13,8:V3 KV/ 110:V3 V	MV 110	59	MAXIMA TENSION TIEMPO DEFINIDO 1 UMBRAL TEMPORIZADO	U>: 100 - 150 % Un	t>:0,05-0,1-0,2-0,3 0,4-0,5-1-2-3-4-5 s		U>: 120 %	t : 0,1 s		

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL : 13,8 KV

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA
A	6/4/93		J.N.		J.NUÑEZ		C	18/10/93		J.N.		J.NUÑEZ	
B	15/9/93		J.N.		J.NUÑEZ								

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTES

FICHERO: GABRIL14.DWG

DP.93.04.E.03

HOJA: 21

CELDA	POS.	REF.	POTENCIA NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL(A)	Ia/ In	TIEMPO ARRAN.(s)	RELACION TC/TP	TIPO DE RELE	REF. ANSI	FUNCIONES	GAMA I o U	GAMA DE TEMPORIZACIONES	OBSERVACIONES	[illegible]	PRUEBA I o U	PRUEBA TIEMPO
ALTERNADOR 1 40 MVA	73		40 MVA	1673			13,8:V3 KV/ 100.V3 V	FTT 7111	95	PROTECCION CONTRA MAXIMO FLUJO	Ur/Fr:100-130%Un/Fn	t: 3 - 30 sec				
ALTERNADOR 2 40 MVA	74		40 MVA	1673			13,8:V3 KV/ 100.V3 V	FTT 7111	95	PROTECCION CONTRA MAXIMO FLUJO	Ur/Fr:100-130%Un/Fn	t: 3 - 30 sec				
ALTERNADOR 3 40 MVA	75		40 MVA	1673			13,8:V3 KV/ 100.V3 V	FTT 7111	95	PROTECCION CONTRA MAXIMO FLUJO	Ur/Fr:100-130%Un/Fn	t: 3 - 30 sec				
ALTERNADOR 4 40 MVA	76		40 MVA	1673			13,8:V3 KV/ 100.V3 V	FTT 7111	95	PROTECCION CONTRA MAXIMO FLUJO	Ur/Fr:100-130%Un/Fn	t: 3 - 30 sec				

TENSION AUXILIAR :

TENSION NOMINAL :

REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.	VISA.	REV	FECHA	MODIFICACION	DIB.	COMP.	APROB.
A	6/4/93		J.N.		J.NUNEZ		C	8/10/93		J.N.		J.NUNEZ
B	15/9/93		J.N.		J.NUNEZ							

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE PROTECCIONES

HOJA DE AJUSTES

FICHERO: GABRIL14.DWG

3.04.E.03

HOJA: 23